

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES
Departamento de Dibujo



**ESTABILIDAD DE LOS PAPELES PARA ESTAMPAS Y
DIBUJOS**
**EL PAPEL COMO SOPORTE DE DIBUJOS Y
GRABADOS: CONSERVACIÓN.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Ruth Viñas Lucas

Director

Álvaro Paricio Latasa

Madrid, 2001

ISBN: 978-84-8466-259-4

© Ruth Viñas Lucas, 1995

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



BIBLIOTECA U.O.M.



5308329402

ESTABILIDAD DE LOS PAPELES PARA ESTAMPAS Y DIBUJOS

El papel como soporte
de dibujos y grabados:
Conservación.

TESIS DOCTORAL

por

RUTH VIÑAS LUCAS

Director

Dr. ALVARO PARICIO LATASA



Madrid 1994

Vita brevis est, Ars perdurat

Cicerón



Vita brevis est, Ars perdurat

Cicerón

A mi madre

INDICE

RESUMEN.....	13
AGRADECIMIENTOS	17
EXORDIO	23
1. Objetivos: Justificación del tema.....	27
2. Fuentes y base del trabajo	35
3. Criterios y métodos	37
3.1. Criterios	37
3.2. Método	39
3.2.1. Ensayos realizados para determinar la permanencia de los papeles del muestrario y estudiar la eficacia de la desacidificación	40
A. Ensayos previos al envejecimiento artificial	41
B. Envejecimiento artificial	42
C. Ensayos tras el envejecimiento artificial	43
3.3. Instrumental y Laboratorios	44
3.4. Registro de datos	45
4. Estructura de la Tesis	47
4.1. El Texto	47
4.2. El Corpus Documental	53
 PARTE PRIMERA. EL PAPEL COMO SOPORTE ARTISTICO: NATURALEZA Y ESTRUCTURA.	
CAPITULO I: EL PAPEL COMO SOPORTE DE ESTAMPAS Y DIBUJOS.....	59
1. Antecedentes	61
2. La fabricación del papel	71
2.1. El papel "a mano"	71
2.2. El papel continuo	87
2.3. Diferencias entre el papel "a mano" y el papel continuo	103
3. Materias primas que componen el papel	113
3.1. Las fibras	115
3.1.1. La pasta de fibras no lignificadas	126
3.1.2. La pasta de fibras lignificadas	144
3.1.2.1. La pasta de madera mecánica	147
3.1.2.2. La pasta de madera química	154
3.1.2.3. La pasta semiquímica	164
3.1.2.4. La pasta de paja	165
3.1.2.5. La pasta de papel recuperado	167
3.1.2.6. Tratamiento especial de las pastas para papeles transparentes	171
3.1.2.7. El papel sintético	175
3.2. Los aditivos	183
3.2.1. Los encolantes	183
3.2.2. Los blanqueadores	186

3.2.3. Los colorantes	189
3.2.4. Cargas de relleno	190
3.2.5. Antisépticos y fungicidas	191
4. Características de los papeles de dibujo y estampación	193
4.1. Soportes de papel para estampación	195
4.2. Soportes de papel para técnicas húmedas	209
4.3. Soportes de papel para óleos	216
4.4. Soportes de papel para técnicas en seco	217

CAPITULO II. PATOLOGIA DE LOS PAPELES ARTISTICOS223

1. Las causas internas de alteración y sus efectos	229
1.1. Las fibras	229
1.2. Los encolantes	235
1.3. Los blanqueadores	237
1.4. Los aditivos	238
1.5. El agua	241
1.6. Conclusión: hacia un papel teóricamente óptimo	242
2. Las causas externas de alteración y sus efectos	243
2.1. Causas físico-mecánicas	246
2.2. Temperatura y Humedad	253
2.3. La luz	259
2.4. Vibraciones	266
2.5. Contaminación ambiental	267
2.6. Causas biológicas	273
2.7. Causas catastróficas	285

PARTE SEGUNDA: LA PERMANENCIA DEL PAPEL

CAPITULO III. A LA BUSQUEDA DE UN PAPEL PERMANENTE: EL PAPEL PERMANENTE Y SU NORMALIZACION.....291

1. La estabilidad del papel: permanencia y durabilidad	293
1.1. Problemática actual	293
1.2. Hacia una definición de papel permanente	299
1.2.1. Antecedentes	299
1.2.2. Concepto de papel permanente.....	304
2. Propuestas para un papel estable con vistas a su conservación:	
la normalización relativa a la permanencia el papel	311
2.1. La normalización en Asia	312
2.1.1. India	312
2.1.2. Pakistán	313
2.2. La normalización en América	314
2.2.1. La normativa estadounidense	314
2.2.1.1. The American Society for Testing and Material (ASTM)	315

2.2.1.2. The American National Standards Institute (ANSI) y	
The National Information Standards Organization (NISO)	322
- ANSI/NISO Z 39-1992. Permanece of Paper for Publications	
and Documents in Libraries and Archives	325
A) Ambito	327
B) Definiciones	327
C) Requisitos de permanencia	328
2.2.1.3. La normativa gubernamental	330
2.2.2. La normativa en Canadá	334
2.3. La normativa en Europa: individualismos y prgresos en común	335
2.3.1. El Comité Europeo de Normalización (CEN)	335
2.3.2. Alemania	337
- DIN 6738 Papier und Karton: Lebend.....	338
A) Ambito	339
B) Principios	339
C) Exigencias	340
D) Métodos de evaluación	340
E) Características del papel	340
F) Certificación	341
G) Crítica	342
2.3.3. Austria	344
2.3.4. Francia	344
2.3.5. Italia	345
- El Decreto Ministerial del 2/8/1987	
A) Exigencias	346
2.3.6. Países Bajos	350
A) Requisitos	353
2.3.7. Países Escandinavos	354
2.3.7.1. Dinamarca	354
2.3.7.2. Finlandia	355
2.3.7.3. Suecia	357
2.3.8. Reino Unido	360
2.3.9. España	361
2.4. Normativa Internacional: A la búsqueda de un acuerdo global	
- The International Organization for Standardization (ISO)	363
2.4.1. El proyecto de norma I.S.O.: ISO/DIS 9706	363
2.4.2. La norma I.S.O. 9706. "Información y documentación	
- Papel para documentos - Requisitos de Permanencia	369
A) Ambito	369
B) Principios	370
C) Definiciones	371
Anexo C	372
Envejecimiento acelerado	372
Propiedades ópticas	373
3. Situación actual y reflexiones	381

PARTE TERCERA. COMPORTAMIENTO DE LOS PAPELES COMERCIALIZADOS CON
FINES ARTISTICOS-PROPUESTA DE ESTABILIZACION

IV ESTUDIO ANALITICO: MEDIOS Y METODOLOGIA.....	385
1. Justificación de criterios	389
2. Hipótesis de partida	401
3. El muestreo	405
3.1. Determinación de la muestra	405
3.2. Características de los papeles de la muestra	411
4. Análisis y resultados	413
A) Ensayos químicos (pruebas sin envejecer)	413
B) Envejecimiento acelerado	414
C) Ensayos físicos (muestras envejecidas y sin envejecer)	414
4.1. Fase preliminar: Ensayos preparatorios	415
4.1.1. Acondicionamiento de las muestras (ISO 187)	415
4.1.2. Determinación del gramaje (ISO 563)	416
4.1.3. Determinación del contenido de humedad (ISO 287)	420
4.2. Análisis químicos	421
4.2.1. Determinación de la acidez	421
4.2.1.1. Extracción acuosa en frío (ISO 6588)	425
4.2.1.2. medición por contacto (ANSI/NISO Z39.48-1992)	428
4.2.2. Determinación de la reserva alcalina: Contenido de carbonato cálcico en el papel (ASTM D 4988-89)	430
4.2.3. Resistencia a la oxidación: Determinación del número Kappa (ISO 436)	436
4.3. Análisis físicos	443
4.3.1. Resistencia al desgarro	443
4.3.2. Determinación de la blancura. UNE 57-062	451
4.4. Envejecimiento acelerado con calor húmedo (ISO 5630/3: 1985)	456
4.4.1. Retención de la resistencia desgarro	461
4.4.2. Adaptación de DIN-6738: "El factor de duración de vida"	469
5. Análisis de Resultados y Conclusiones	479
5.1. Permanencia y relación entre los criterios	481
5.1.1. Visión general de adecuación a los criterios	481
5.1.2. Permanencia según ISO y ANSI/NISO	484
5.1.3. Relación entre las diferentes formas de medir la permanencia	489
5.1.3.1. Relación entre las normas ISO y ANSI/NISO	489
5.1.3.2. Relación entre las normas ISO y ANSI/NISO y pérdida de propiedades tras el envejecimiento	493
5.2. Adecuación de las hipótesis y conclusiones	501
5.3. Permanencia de papeles especiales	508
5.3.1. Muestra de referencia (nº 0)	508
5.3.2. Papeles artesanales	510
5.3.3. Papeles reciclados/ecológicos	513
5.3.4. Soportes sintéticos	516
5.3.5. Papeles traslúcidos para dibujo técnico	519

V DESACIDIFICACION Y EVALUACION DE RESULTADOS	523
1. Justificación del tratamiento de desacidificación	525
2. Hipótesis de partida	531
3. La Desacidificación como tratamiento	535
3.1. Descripción del método	535
3.2. Modificación de las características químicas	540
3.2.1. Influencia de la desacidificación en el pH	540
3.2.2. Influencia de la desacidificación en la reserva alcalina	545
3.2.3. Adecuación del método empleado para la desacidificación	547
4. Modificación de la permanencia de los papeles desacidificados	549
4.1. Permanencia de los papeles desacidificados según normas ISO y ANSI/NISO	549
4.2. Permanencia de los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado	554
4.2.1. La resistencia al desgarro	557
4.2.1.1. Variación de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento	559
4.2.1.2. Influencia de la desacidificación en relación al desgarro	563
4.2.1.3. Comparación f_{LD} y f_{LD2}	571
4.2.2. El grado de blancura	575
4.2.2.1. Variación en el grado de blancura	575
4.2.2.2. Influencia de la desacidificación en el amarilleamiento	579
5. Adecuación de las hipótesis. Conclusiones	587
CONCLUSIONES	591
1. Conclusiones sobre los criterios y método experimental adecuado para evaluar la permanencia de los papeles de uso artístico	599
2. Conclusiones sobre la permanencia de los papeles analizados	603
3. Conclusiones sobre el método propuesto para prolongar la permanencia de los papeles de uso artístico	607
RECOMENDACIONES generales para la salvaguarda de las obras de arte sobre papel	611
BIBLIOGRAFIA	615
Autores	617
Catálogo/ Muestrario/ Información del fabricante	643
Normas	647
APENDICES	657
1. Organismos de normalización	659
2. Diagramas de dispersión	665
INDICE DE ILUSTRACIONES	679
Láminas	681
Figuras	681
Cuadros	687
Tablas	687
Gráficos	688
ANEXO-CORPUS DOCUMENTAL	(s-n.)

RESUMEN

El objetivo principal de esta Tesis ha sido determinar la permanencia de un grupo de papeles destinados a ser soporte de obras de arte. Antes de realizar el análisis de cada uno de los 55 tipos de papel que componían la muestra ha sido necesario establecer el método experimental y los atributos que debería poseer un papel de uso artístico para ser calificado como permanente.

Para poder alcanzar este segundo objetivo se ha realizado un exhaustivo estudio de la normativa referente a la permanencia del papel. La inexistencia de una norma satisfactoria para la determinación de la permanencia en papeles de uso artístico ha derivado en la aplicación conjunta de una serie de normas, cuyos ensayos experimentales han sido complementados con otros encaminados a efectuar una comparación que revelara el método más adecuado para la determinación de la permanencia de los papeles artísticos¹.

La evaluación de la permanencia ha puesto de manifiesto la inadecuación de la gran mayoría de los soportes que componen la muestra; esto nos ha llevado a proponer un método para prolongar la vida de los papeles de uso artístico. En esta línea se ha demostrado cómo la desacidificación con hidróxido cálcico, que puede ser aplicada por el propio artista antes de la realización de su obra, mejora de manera considerablemente satisfactoria las cualidades para la conservación en los papeles analizados.

Así, la Tesis que ahora se expone tiene tres vertientes claramente diferenciadas:

- 1- La búsqueda de un método para la evaluación de la permanencia de los papeles artísticos, tras el estudio comparativo de la normativa existente.
- 2- El análisis de un grupo de 55 papeles para determinar su permanencia.
- 3- La propuesta de un método para prolongar la permanencia de las futuras obras de arte sobre papel, junto con la comprobación de su eficacia.

¹ Comparación de diferente normativa con la evaluación del mantenimiento de la resistencia mecánica y del grado de blancura tras ensayos de envejecimiento acelerado en húmedo.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Quien tiene en sus manos una Tesis Doctoral sabe que ésta supone la culminación de un trabajo de investigación, fruto del esfuerzo personal, pero igualmente es indiscutible que "entre bastidores" siempre se encuentra el apoyo recibido de muchas personas e instituciones, sin las que no hubiera sido posible el desarrollo y buen término del trabajo.

El primer lugar mi agradecimiento va dirigido al apoyo moral recibido de mis amigos y familiares, que han aguantado mis peores momentos y me han impulsado a seguir en esos periodos de desánimo y agotamiento de los que, según me ha parecido constatar, se libran pocos doctorandos.

Mi gratitud al Catedrático D. Alvaro Paricio Latasa, el director de este trabajo, por la confianza que depositó en mí desde un inicio, al dejarme trabajar con plena libertad pero siempre bajo su apoyo, guía y comprensión.

Esta investigación ha sido patrocinada por la **Fundación Mapfre**; gracias a ella por la fé depositada en el Proyecto que les presenté en su día, en especial a D. Victor M. Martín, Director de la Fundación Cultural; su beca significó mucho más que una dotación económica, primero fue una inyección de ánimo, y después la vía gracias a la cual se pudo conseguir una cámara de climatización, la "pesadilla" que estaba frenando el desarrollo de esta Tesis. Así, gracias también a Itsemap, a D. Francisco Nuñez, Director General, por

facilitarme desinteresadamente el acceso a su empresa, a D. Julián Labrador -Director de Laboratorios y Director Técnico de Itsemap-Fuego- por la gentileza con que atendió mis requerimientos y las facilidades prestadas, y a D. César Quevedo, Técnico del laboratorio de Itsemap-Fuego, por su asesoramiento y control durante los ensayos de envejecimiento acelerado.

Todos los ensayos físico-mecánicos realizados para esta investigación se han llevado a cabo en el Departamento de Industrias Forestales, Sección Celulosas, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, gracias a la concesión de un Permiso por Ampliación de Estudios. Una gran persona y excelente profesional, al que debo mi reconocimiento y gratitud, por su apoyo y continuo asesoramiento, es D. Jose Luis Tagle, Investigador y Jefe de la Sección de Celulosas, que me instruyó en el funcionamiento de los instrumentos para los ensayos mecánicos y me enseñó muchas cosas, de las tantas que me quedan por aprender sobre el papel, este material tan querido por ambos; gracias por su tiempo, que tan generosamente compartió en este trabajo. También mi agradecimiento a D^a. M^a Angeles Navarrete, Ingeniera de Montes y Jefe de Servicio del I.N.I.A., y a D^a. Pilar Poveda, Investigadora del I.N.I.A., siempre dispuesta a resolver las dudas que se me presentaron sobre las pastas de papel. También mi agradecimiento al personal del Laboratorio de Celulosas, Carlos, Remedios y María.

Los análisis químicos que se precisaron para el desarrollo de este trabajo fueron llevados a cabo en la Escuela de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid; mi agradecimiento a D. Javier Peinado,

Director de esta Escuela y Catedrático del Departamento Técnico Científico por su apoyo y asesoramiento, y muy en especial a D^a. Paloma Alonso, profesora de Química y Jefa del Departamento Técnico Científico, por su compañerismo y ayuda en todo momento. Tanto a D. Javier Peinado como a D^a. Paloma Alonso les debo los conocimientos gracias a los cuales pudieron realizarse los análisis químicos. Junto a ambos, y a través del C.E.P. Madrid-Centro, se realizó un trabajo sobre la permanencia de los papeles reciclados, que sirvió para poner a punto parte de la metodología experimental de esta Tesis. Gracias también a los compañeros de la Escuela, por su apoyo (gracias Emilio por sacarme de los atolladeros de la informática).

El Laboratorio de Física y Química de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid también prestó su ayuda al facilitarnos los electrodos para la determinación de la acidez; gracias a D^a. Margarita San Andrés por la colaboración y ayuda ofrecidas. De la Facultad de Bellas Artes también quiero agradecer a D^a. Teresa Escobedo por el interés y apoyo recibidos.

A mis amigos Concha Muñoz, Javier Villanueva, Susana y Esther Pascual y Ludwig Koch también les debo mi agradecimiento; Concha y Javier me introdujeron y asesoraron en el tratamiento informático con el que se han elaborado los cálculos y todas las tablas y gráficos que ilustran la Tesis; Susana y Esther me refrescaron los conocimientos de estadística, un poco perdidos en mi memoria desde que acabé mis estudios de Psicología, hace ya muchos años, y con Susana aprendí el manejo del programa de estadística con el que pude

realizar los análisis de varianza y los estudios de regresión; Concha y Ludwig también me han ayudado con la traducción de parte de la bibliografía. Luis, Alvaro ..., hasta me han hecho la compra cuando no había qué comer en mi casa.

A mis padres también les debo mi agradecimiento: D. Vicente Viñas me ha facilitado el acceso a parte de la bibliografía y me ha ayudado a encauzar la tesis con sus sugerencias y crítica constructiva, D^a Rosario Lucas, además de su apoyo constante, ha sido la eterna "correctora de pruebas", a la cual debo todas las comas que estén en su sitio.

Y no quiero terminar estas palabras sin expresar el agradecimiento más profundo y sentido hacia mi esposo, Juan Carlos, el eterno e incansable "pinche" de este "guiso", que sin su ayuda no hubiera podido ser "cocinado". Según alguien me comentó, en Estados Unidos existen sentencias que han reconocido a la Tesis Doctoral como Bien Ganacial; a el, que es tan "leguleyo", le remito a ellas, para que si ésta llegase a buen fin, supiera que le corresponde, al menos moralmente, "la mitad de los beneficios".

EXORDIO



1. OBJETIVOS: JUSTIFICACION DEL TEMA

La experiencia laboral, adquirida con el ejercicio profesional y docente en la restauración de Documentos Gráficos y Obras Artísticas sobre soporte de papel justifica, en principio, la elección del campo de esta Tesis. El tema está centrado en analizar el comportamiento, a largo plazo, de los diversos tipos de papel que el comercio ofrece a los artistas como base y soporte de sus creaciones.

El axioma "la huella de un hombre se juzga por su obra" es aplicable a muchas facetas humanas y, entre ellas, tiene especial relevancia la que atañe al mundo del arte. El don de la genialidad artística nace, se educa y se cultiva; de cara a un futuro son las obras de arte, juzgadas "por los demás", las que perpetúan y consagran el nombre del autor. Los valores técnicos y artísticos plasmados sobre el soporte sobrevivirán al artista siempre que el soporte resista y los materiales permanezcan estables.

No importa a estas páginas el modo en que la crítica, determinados valores plásticos, genialidad... e incluso la moda o el fervor por una tendencia pasajera, incidan en encumbrar o marginar a un artista. El paso del tiempo es inexorable y se impone a las circunstancias pasajeras; por ello importa destacar, desde el inicio de este trabajo, los derechos y las obligaciones contraídos con una obra de arte, potencialmente digna de interés cultural.

Cuando el arte, sea cual sea su soporte, alcanza méritos suficientes por autoría, valores estéticos o por ser testimonio histórico de una faceta humana

o de una época, forma parte del Patrimonio Histórico en la vertiente "Artística". Adquiere la categoría de preciado Bien Cultural, atesorado en Museos, Galerías y Centros de Documentación Gráfica. Estética y nombre del autor justifican el galardón alcanzado y el reconocimiento público de expertos y profanos.

Si el arte no es manifiestamente efímero, existe otra razón más allá del autor y de la estética para que una obra de arte sobreviva cierto tiempo. Nos referimos al aspecto que, en términos generales, se puede denominar comercial o crematístico: es el que proporciona los recursos económicos al artista¹. El artista hace su trabajo para una clientela y el comprador o el usufructuario de la obra de arte espera que su adquisición tenga ciertas garantías de pervivencia, a no ser que conozca previamente la vida limitada de aquello que ha adquirido.

Pero no se deben desdeñar otros destinos concurrentes en las obras de arte si su soporte es el papel. Sin ánimo de agotar casuísticas, cabe matizar que determinadas técnicas (caso de grabados, susceptibles de reproducción múltiple sin detrimento del valor original) están concebidas, en muchas ocasiones, como complemento ilustrativo de un texto escrito o como motivo primordial de un libro en concreto. Desde que la obra conjunta ve la luz, por el mero hecho de testimoniar la edición, estas reproducciones forman ya parte del Patrimonio Bibliográfico-Documental, sometido a unas rigurosas normas de registro antes de la publicación y a la obligatoriedad de entregar un número determinado de ejemplares para seguir enriqueciendo nuestro patrimonio.

¹ Para un análisis económico del arte, véase Grampp: "Arte, inversión y mecenazgo" (1991).

Con todo, la creación del artista, el original o la copia directa de la plancha, sigue manteniendo, como tal obra de arte, su propia entidad, potencialmente abocada a engrosar el Patrimonio Artístico. Incluso la estampa más humilde, "el romance de ciegos" o el cartel más pintoresco son representativos de su género, independientemente de la estética y del autor: testimonian los gustos de un sector, las costumbres o los condicionantes de un contexto social, temporal o geográfico particularizado¹. Su interés es acorde a su representatividad, y su valor monetario, como el de cualquier otro bien cultural, dependerá de su estado de conservación, máxime si se trata de una obra de arte.

Documentalmente es irrelevante dónde esté depositada una obra de arte; desde el punto de vista de patrimonio, y por bien del autor, importa que su testimonio permanezca².

En suma, según sean los fines y el destino, existen múltiples argumentos -del propio autor, del comprador, de la sociedad,- y categorías y grados acerca de la permanencia que debe alcanzar una obra de arte. Pero unas y otras

¹ Un ejemplo muy claro son los carteles generados durante la guerra civil española. Aunque no cumplen los 100 años de antigüedad, requeridos por la Ley para ser considerados de interés protegible, su testimonio histórico está fuera de dudas. Apenas rebasan medio siglo de vida y estos carteles, como tantas otras obras de arte sobre papel, documentos y libros coetáneos a la guerra y la postguerra adolecen de la mala calidad de la materia prima. El amarilleamiento y lo quebradizo del soporte son por sí mismos datos históricos para juzgar la crisis (Julián, 1993).

² La Ley de Patrimonio Histórico Español de 25 de Junio de 1985, es suficientemente explícita sobre el concepto de Bien Cultural. La concepción tan amplia de Patrimonio Histórico ha subsanado los conflictos de encasillar los bienes culturales en contextos restringidos o de marginarlos si el criterio aplicado era el meramente artístico. Los investigadores disponen de mecanismos suficientes para localizar los bienes registrados como tales, estén depositados en entidades oficiales o en poder de particulares, siempre que su poseedor los haya declarado o se hallen inventariados como BIC (Bienes de Interés Cultural) (VV.AA., 1985).

razones coinciden en exigir que determinadas obras de arte han de soportar el paso del tiempo conservando los valores inherentes a su estética y sin necesidad de recurrir a la restauración.

A modo de sinopsis, adelantamos que en la degradación de cualquier obra de arte inciden tres factores:

1. La naturaleza de los componentes del soporte y los procesos de manufactura.
2. Los elementos sustentados; considerando como tales las sustancias de los procedimientos técnicos y su grado de compatibilidad con el soporte.
3. El medio y modo en que la obra cumpla su destino; este factor auna el montaje y las circunstancias que concurren con el devenir del tiempo (el ambiente).

El proceso de degradación es una estructura dinámica y abierta; en ella interactúan los tres vectores y, como en todo proceso sistémico, "el todo" es superior a la mera suma de las partes. Por razones claras de circunscribir la Tesis a un tema racional y abordable, nuestro estudio se centra en una sola parte, el soporte, pero se insiste a lo largo de las páginas, casi con machaconería, en que la conservación ha de ser integral y ha de atender el conjunto de riesgos.

Un sólo vector puede acarrear daños irreversibles y letales pues sus efectos acaban provocando un encadenamiento de factores agresivos. En cualquier caso, la lentitud o aceleración del proceso es directamente proporcional a la estabilidad del soporte. Es decir, el soporte es el elemento

fundamental porque si falla su naturaleza, desde que se materialice la obra de arte se estarán arrastrando y potenciando los "gérmenes patógenos".

Recurrir a la restauración es un remedio, pero ésta es siempre agresiva y costosa y ha de considerarse como el último extremo a tener en cuenta. Por ello, la teoría de la Conservación y la filosofía del Patrimonio Histórico Español (o del Patrimonio Cultural en términos universales) cargan el énfasis en la prevención: adelantarse al daño para prevenir y evitar las alteraciones del futuro.

La investigación no margina, sino por el contrario, tiene muy presentes todos y cada uno de los agentes agrupados como causas previsibles y constatadas en el deterioro; razones de alto coste económico y humano a la hora de subsanar los daños y, sobre todo, la exigencia de salvaguardar el patrimonio sin menoscabo del valor original, fuerzan a los expertos y técnicos en conservación a ser unánimes a la hora de considerar el soporte como clave esencial en la conservación de cualquier obra de arte.

¿Qué hacer con un soporte tan frágil como el papel?

Aunque el papel aparente ser un soporte sumamente frágil esto es verdadero sólo hasta cierto punto; un papel de buena calidad (entendiendo "calidad" desde el criterio de la permanencia) en un ambiente adecuado puede perdurar durante muchos cientos de años. Otra cosa ocurre cuando las materias que lo componen le dotan de una inestabilidad química incompatible con la permanencia, comportamiento bastante frecuente en los papeles actuales.

En el caso del ámbito bibliográfico-documental, con idénticos problemas de soporte que las obras artísticas realizadas sobre papel, se han potenciado al máximo las líneas preventivas, normalizando incluso las características de los papeles utilizados para libros y documentos de archivo¹. Esta es la línea en que se enmarca esta Tesis, y esperamos que nuestra contribución redunde positivamente en el campo del arte, porque nada o muy poco están contando en esta previsión los papeles de uso artístico.

Sin embargo, desde el punto de vista de la problemática de degradación, se da la paradoja de que, en la aplicación de técnicas dedicadas a la restauración de Grabados y Dibujos, el camino recorrido arranca de antiguo y las intervenciones en esta parcela anteceden al interés por los libros y documentos de archivo. La explicación puede estar en que el arte, y los Museos en general, han despertado mayor atracción que los Archivos y las Bibliotecas. El arte, por ser de contemplación masiva ha primado (y prima) frente al disfrute individualizado y restringido de documentos o textos, excepto cuando se celebran determinados eventos o exposiciones muy puntuales.

Las obras artísticas sobre papel, por ser de materia no rígida y de caracteres muy particulares, participan de cierta ambigüedad cuando entramos en materia de conservación. Su lugar no está unívocamente definido: según su finalidad entrarían a formar parte del mundo de la restauración de pintura, pero

¹ Más adelante se analizará la trayectoria seguida y el camino que queda por recorrer dentro de esta preocupación de alcance mundial, con vistas a establecer una reglamentación que garantice normativamente la estabilidad del papel como soporte de un bien cultural.

debido a la materia que las conforma se incluyen en el llamado Patrimonio Bibliográfico-Documental.

En el campo de la restauración de obras de arte se diferencia claramente lo que son obras sobre lienzo, tabla, etc., de las realizadas sobre soportes afines a la documentación gráfica, en especial sobre papel, el soporte más frágil y versátil. Por esta versatilidad y por participar de la misma materia, es normal que su lugar esté, no entre las obras de Arte sino en el sitio dedicado a los materiales de Archivos y Bibliotecas. Así, el personal encargado de atender las alteraciones de los materiales bibliográfico-documentales se responsabiliza de la atención de cualquier obra de arte sobre papel, sin distingo de técnicas artísticas¹.

Y el hecho enlaza con otra más de las contradicciones: pese a que, desde el invento del papel, se ha empleado regularmente este material para representaciones bidimensionales e, incluso, aunque en menor proporción, para arte de volumen, la mayoría de Museos ha dado mayor realce a la pintura de caballete o a las obras de mayor formato y volumen, que a las realizadas en papel².

¹ En el caso del I.C.R.B.C. (Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales), dentro del Servicio de Libros y Documentos, el área de Grabados y Dibujos está destinada a la salvaguarda de obras de arte en materiales utilizados para la escritura (pergamino y papel). Dentro de esta aparente paradoja, y a título anecdótico, vale la pena recordar que los antecedentes del mencionado Servicio de Libros y Documentos están en el Departamento de Grabados y Dibujos adscrito al extinguido I.C.R.O.A (Instituto Central de Conservación de Obras de Arte). La creación de este Departamento, en 1966, fue fruto de la preocupación del entonces Director General de Bellas Artes, Don Gratiano Nieto, ante la alarma causada por el deterioro de los grabados y dibujos de Goya en el propio Museo del Prado y el vacío profesional para hacer frente a la conservación de materiales gráficos.

² La prensa del pasado mes de julio denunciaba, a instancias del personal del Museo del Prado, la ausencia de un laboratorio de restauración dedicado a los Grabados y Dibujos

¿Es un desprecio de los especialistas en arte hacia las obras sobre papel?. Creemos que no es afirmativa la contestación. Simplemente, este tipo de obras si no se conservan en una condiciones adecuadas, se deterioran fácilmente y no son dignas de exhibición; además, una vez alterado el soporte, su recuperación es compleja y muy particularizada en razón a las características del papel.

El que la finalidad de muchas de estas obras de arte fuera actuar como ilustración del libro (estampas y miniaturas) junto a los motivos expuestos, hacen comprender la singularidad de esta categoría de obras de arte en talleres o laboratorios específicos para grabados y dibujos, su independencia respecto a los talleres generales de otras obras de arte y su dependencia de las áreas destinadas al libro y documentos escritos. En efecto, la conservación tiene más en cuenta la naturaleza del soporte que las características y técnicas de los elementos sustentados¹.

Concluyendo, con el bagaje de la experiencia acumulada, y con conocimiento de causa sobre las alteraciones potenciales de los papeles de fabricación actual, se emprendió este trabajo centrado exclusivamente en los papeles utilizados como soporte de obras de arte. La finalidad perseguida es evaluar científica y objetivamente la estabilidad de la materia ante el transcurso del tiempo, alertar sobre los daños previsibles y aportar alguna solución que salve, aunque no lo llene, el vacío normativo sobre

¹ En la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid, a cuya plantilla de profesorado está adscrita la autora de esta Tesis, la especialidad de Conservación y Restauración del Documento Gráfico se responsabiliza de impartir la enseñanza aplicada al tratamiento de las obras de arte sobre papel, sea cual sea la técnica; la particularidad del soporte explica asimismo que, en la rama restauración desarrollada en las propias Escuelas y Facultades de Bellas Artes, la disciplina sobre la restauración del papel se esté incorporado lenta y tardíamente a los planes de estudio.

las garantías mínimas que deben concurrir en los papeles fabricados para uso artístico.

2. FUENTES Y BASE DE TRABAJO

En lógica con lo expuesto, las fuentes manejadas, por orden de menor a mayor fundamento dentro de la Tesis, responden a una vertiente triple:

1. "Empírica", adquirida con el cultivo y la práctica profesional.

2. "Bibliográfica", ineludible en toda investigación. Esta segunda fuente incluye también la temática y preocupaciones de "Grupos de Trabajo" a nivel nacional e internacional, con investigaciones en marcha; algunas de sus conclusiones han sido expuestas oralmente en Simposia, Congresos y otros debates científicos y tienen su eco a lo largo de este estudio.

La "normativa" actual en materia de papel también queda incluida en este tipo de fuentes. Es tal su interés y complejidad, que a su análisis y sistematización dedicamos la Segunda Parte de la Tesis (Cap. III).

3. El "lote de papeles en blanco", material básico, adquirido en el comercio. Pretende ser una muestra suficientemente representativa de los papeles utilizados por los artistas.

Este "conjunto" constituye el fundamento del soporte experimental de la Tesis y está compuesto por 55 tipos de papel, con un total de más de 2200 hojas tamaño DIN A 3 (aproximadamente 40 por cada clase de papel)¹; a papeles que cuentan con cierta tradición en el comercio se ha añadido alguno más novedoso, como los de fabricación artesana o "a mano", el llamado

¹ En la Parte III se detallan las características del lote y en el album Anexo, complementario al texto, se presenta un testigo material de cada tipo.

ecológico y reciclado e incluso el "pseudopapel" conocido con el nombre de papel sintético.

La información obtenida mediante el análisis de estos papeles se ha complementado con la recogida en los catálogos de distribuidores y fabricantes.

3. CRITERIOS Y METODOS

La metodología seguida en la Tesis es fundamentalmente experimental y analítica, contrastada por procedimientos estadísticos.

Sobre los fundamentos de las pruebas y su complejidad no vamos a insistir, pero hay que señalar que marcar y delimitar los criterios para el análisis ha exigido, a su vez, una investigación añadida a los objetivos iniciales.

3.1 Criterios

Los criterios de partida, en todo trabajo de investigación experimental, son fundamentales: guían los procedimientos y la analítica a realizar, su seguimiento asegura la uniformidad y homogeneidad de resultados al aplicar el método analógico (contrastación) y además, como punto de partida, la confianza en la bondad de su elección garantiza la fiabilidad de conclusiones y la predicción del suceso, cuando los parámetros se mantienen en las mismas constantes o las circunstancias son concurrentes.

Por eso, antes de abordar el trabajo experimental era necesario tener la seguridad de que los criterios elegidos para realizar las pruebas y los análisis físicos y químicos eran los más correctos y acordes a nuestros objetivos: evaluar la permanencia de cada una de las muestras de un grupo de papeles de uso artístico.

Ni a nivel internacional ni nacional, existe una normativa específica sobre el uso de materiales en el arte, sea cual sea la naturaleza del soporte, incluido el papel. Sin embargo (y otra vez volvemos a la paradoja) la preocupación por el patrimonio bibliográfico-documental es pionero de una serie de normas encaminadas a la futura preservación del "Patrimonio Histórico" (Capítulo III de la Tesis) a las que se añade, como ya sancionada, la norma ISO 9706, aprobada recientemente (1/3/1994).

Por las razones expuestas, para determinar los criterios hemos hecho un oneroso recorrido por las "propuestas normativas o la reglamentación aprobada", según áreas geográficas, teniendo en cuenta su repercusión en el mundo de la conservación de los materiales gráficos. En estas normas se perfilan y justifican los requisitos que, a juicio de determinados comités o grupos de expertos, han de garantizar la vida de ciertos papeles (raramente mencionan los de uso artístico). El objetivo último de estas normas está en determinar las exigencias que han de cumplir los papeles utilizados con fines bibliográficos o de archivo; es decir, los soportes de la documentación escrita como base de la historia.

Ante el vacío en materia artística sobre una normativa que asegure la permanencia del soporte, tras el **análisis crítico de estas normas y de sus indicaciones**, hemos optado por **crear unos criterios específicos adaptados a los intereses de esta Tesis**, siempre ceñidos a los de dicha reglamentación.

A tenor de lo expresado con anterioridad, las fuentes conjuntas para perfilar estos criterios aplicables al arte han sido:

- Las recomendaciones y regulación vertida en normas y reglamentos sobre la estabilidad del papel, generalmente referidas al campo de documentos gráficos de archivos y bibliotecas.
- Las inquietudes y llamadas de atención sobre aspectos muy concretos, hechas por diferentes investigadores, conservadores y usuarios.
- Nuestra experiencia profesional.

3.2. Método

En la realización del trabajo se han aplicado pruebas y análisis, vigentes en los laboratorios de la Industria Papelera, en los Departamentos de Conservación, y en el propio Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (I.N.I.A., Departamento de Celulosas), adaptados a los criterios de partida y a las posibilidades de un trabajo personalizado dirigido a la finalidad concreta de Tesis Doctoral.

Más adelante (Parte Tercera) se detalla puntualmente el trabajo experimental realizado con vistas a calcular, según parámetros uniformes:

1. La predisposición a la estabilidad, según las características físicas y químicas de los papeles que conforman la muestra.
- 2 El comportamiento ante el paso del tiempo, mediante el proceso de envejecimiento acelerado en húmedo. Tras esta prueba se han repetido los análisis físicos y químicos.

3. En orden a los postulados de los expertos en conservación y de las investigaciones sobre las causas de degradación del papel, se han ampliado los objetivos, complementando los resultados del análisis de los papeles/muestra con un proceso añadido: la **desacidificación**.

Su cometido es doble:

- a) Por una parte, sirve para constatar, más fehacientemente, que los resultados alcanzados en el proceso de envejecimiento guardan relación directa con la presencia endógena de acidez en la estructura de los papeles.
- b) Por otra, ratifica la resolución de un procedimiento relativamente fácil, capaz de prevenir parcialmente la degradación del papel y, por tanto, favorecer las esperanzas de vida.

En la sinopsis adjunta se resumen los análisis llevado a cabo:

Ensayos realizados para determinar la permanencia de los papeles del muestrario y estudiar la eficacia de la desacidificación.

Tras el estudio de las diferentes normas existentes relativas a la determinación de papeles permanentes, y basándonos principalmente en la norma ISO 9706 "*Information and documentation-Paper for documents-Requeriments for permanence*", se han seleccionado y realizado los siguientes ensayos:

A. Ensayos previos al envejecimiento artificial:

a. Ensayos preliminares (muestras sin desacidificar).

- Determinación del gramaje de los 55 tipos de papel, según ISO 536.
- Determinación del contenido de humedad, según ISO 287 (UNE 57.005). 110 determinaciones (55 x 2).

b. Ensayos físicos (muestras sin desacidificar):

- Resistencia: Resistencia al desgarro en ambas direcciones de fibra, según ISO 1974-1990. Mínimo 1100 mediciones (55 x 20).
- Propiedades ópticas: Factor de reflectancia en el azul (grado de blancura), según UNE 57-062-72. Mínimo 550 mediciones (55 x 10).

c. Ensayos químicos:

*** Muestras sin desacidificar:**

- Acidez:
- Determinación del pH por extracción acuosa en frío, según ISO 6588-1981 (UNE 57-032-91). Mínimo 110 determinaciones (55 x 2).

- . Determinación del pH por contacto (lápiz indicador) según indicaciones de ANSI/NISO Z-39.48. Mínimo 110 determinaciones (55 x 2)
- Reserva alcalina: Determinación del contenido de carbonato cálcico en el papel, según ASTM D 4988-89. Mínimo 110 determinaciones (55 x 2).
- Elementos oxidables: Determinación del número Kappa, según ISO 302-1981 (UNE 57-034-91). Mínimo 106 determinaciones (53 x 2).

Desacidificación de 53 tipos de papel (más de 600 hojas: 53 x 12)

* **Muestras desacidificadas:**

- Acidez: Determinación del pH de extractos acuosos en frío según ISO 6588-1981 (UNE 57-032-91). Mínimo 106 mediciones (53 x 2).
- Reserva alcalina: Determinación del contenido de carbonato cálcico en el papel, según ASTM D 4988-89. Mínimo 106 mediciones (53 x 2).

B. Envejecimiento artificial

* **Muestras sin desacidificar:**

- Envejecimiento con calor húmedo (V.A.H.) durante 24 días según ISO 5630/3-1985 (UNE 57-092-91/4). Mínimo 636 hojas (53 x 12)

* **Muestras desacidificadas:**

- Envejecimiento con calor húmedo (V.A.H.) durante 24 días según ISO 5630/3-1985 (UNE 57-092-91/4). Mínimo 530 hojas (53 x 10).

C. Ensayos tras envejecimiento artificial:

* Muestras sin desacidificar:

- Resistencia tras V.A.H.: Resistencia al desgarro en ambas direcciones de fibra, según ISO 1974-1990. Mínimo 1060 mediciones (53 x 10 x 10).
- Propiedades ópticas tras V.A.H.: Factor de reflectancia en el azul (grado de blancura), según UNE 57-062-72. Mínimo 530 determinaciones (53 x 10).

* Muestras desacidificadas:

- Resistencia tras V.A.H.: Resistencia al desgarro en ambas direcciones de fibra, según ISO 1974-1990. Mínimo 1060 mediciones (53 x 10 x 10)
- Propiedades ópticas tras V.A.H.: Factor de reflectancia en el azul (grado de blancura), según UNE 57-062-72. Mínimo 530 mediciones (53 x 10).

Los **resultados**, presentados en forma de tablas y gráficos, han sido procesados y evaluados estadísticamente; para el cálculo de diferencias significativas mínimas (análisis de varianza) y de regresiones nos hemos ayudado de una aplicación informática (Minitab).

3.3. Instrumental y Laboratorios

Las pruebas en su conjunto han requerido instrumentos, instalaciones y equipos de diversa complejidad. Esta infraestructura de investigación ha sido proporcionada por diversos organismos¹.

Es de justicia, por tanto, nombrar expresamente a estas entidades de las que nos hemos beneficiado y, una vez más, agradecer la ayuda prestada en el uso del material científico y el apoyo profesional y moral recibido del equipo humano:

- *Ensayos Físico-Mecánicos*: Departamento de Celulosas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- *Análisis Químicos*: Departamento de Química y Física de la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid y Departamento de Pintura (Laboratorio) de la Facultad de Bellas Artes de la U.C.M.
- *Envejecimiento Acelerado*: ITSEMAP Fuego-Mapfre.

¹ Los criterios adoptados elevaban considerablemente las cotas de exigencia respecto a las condiciones del proceso de envejecimiento acelerado, en razón al tiempo de uso -2 meses- y a las características de la cámara -capacidad y control de elevada temperatura y humedad combinadas-. Han sido muchos los centros a los que hemos acudido antes de resolver el problema; pese a la amabilidad demostrada (Facultad de Bellas Artes -U.C.M.-, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Centro Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Escuela de Montes -U.P.M.-, E.T.S. de Ingenieros de Caminos -U.P.M.-, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Laboratorio Municipal de Madrid, Instituto Nacional de Consumo, Fábrica de Moneda y Timbre, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales -CEDEX- y GEOCISA) nuestras necesidades y sus limitaciones no dieron el fruto deseado. Con todo, agradecemos su interés y buena disposición.

3.4. Registro de datos

Con objeto de registrar los datos obtenidos en los distintas pruebas se ha confeccionado una ficha para cada tipo de papel; el orden, por números correlativos, es acorde al listado de muestreo y sirve de referencia en los análisis y en las pertinentes conclusiones.

En estas fichas se han anotado las características de partida (información del fabricante), los resultados obtenidos en los ensayos físicos y químicos antes y después del envejecimiento acelerado y los valores alcanzados tras la desacidificación. El repertorio total de estas fichas conforma un Anexo al que se ha denominado "Corpus Documental", detallado dentro de este Exordio.

4. ESTRUCTURA DE LA TESIS

Las reflexiones vertidas en las primeras páginas y la exposición sucinta de fuentes, criterios y métodos se materializan en la estructura de la Tesis. Está compuesta por el "Texto" ilustrado con sus correspondientes complementos. La numeración es correlativa a lo largo de la Tesis, aunque se diferencian figuras, cuadros, tablas y gráficos. Un segundo volumen independiente está dedicado al "Corpus Documental", síntesis visual de toda la investigación.

4.1. Texto

Está estructurado en tres grandes bloques (Partes Primera, Segunda y Tercera) independientes y complementarios, precedidos del Índice general, Resumen y Exordio y seguidos de las Conclusiones y de la Bibliografía. Apéndices e Índices de ilustraciones cierran el volumen.

La Parte Primera -"El papel como soporte artístico: naturaleza y estructura; causas y efectos de degradación" está subdividida en los Capítulos I -El papel como soporte de estampas y dibujos- y II -Patología de los papeles artísticos-. El objetivo de esta parte es obvio: el conocimiento de nuestro objeto de estudio -el papel para usos artísticos-. Se aborda la naturaleza del papel, según sean sus componentes y proceso de fabricación, haciendo hincapié en los atributos que le confieren las características que influyen en su

permanencia y en su adecuación como soporte de determinadas técnicas artísticas. Es una parte complementaria, pensada para introducir en la temática del estudio y sentar la base de una serie de conceptos y conocimientos necesarios para el desarrollo de la Tesis.

En el Capítulo I se expone una síntesis de la trayectoria de la fabricación del papel, marcando el énfasis en las etapas que suponen un hito en el empleo de nuevas materias primas y en la transformación de los procedimientos de manufactura. Unas y otros són responsables de las características que hacen que un papel sea más o menos idóneo, tanto por su estabilidad como por su aplicación a determinadas técnicas artísticas. También se recogen las preocupaciones actuales sobre la calidad del producto así como alternativas que no pueden pasar desapercibidas (papel artesanal, ecológico/reciclado y papel sintético).

El artista valora de un modo especial estas cualidades físicas que, con frecuencia, condicionan la elección de un tipo de soporte, sea por adecuación a los procedimientos artísticos, por los efectos estéticos o porque el autor, en su faceta investigadora y creativa, busca nuevas experiencias junto a la posibilidad de combinar diversos materiales. Es por esto que se dedica un apartado para reseñar, a grandes rasgos, las exigencias mínimas que la tradición en el uso y la satisfacción de resultados acuñan como apropiadas a determinadas técnicas (aguadas, dibujo, calcografía, etc.)

En el Capítulo II se sintetizan las causas y efectos de degradación habituales en este tipo de soporte celulósico. Para una mejor comprensión las causas se agrupan en "*intrínsecas*", es decir, consustanciales a la obra de arte

y por tanto al soporte y "extrínsecas" o procedentes del medio ambiental. El conocimiento del origen de estas causas de alteración será primordial para la comprensión de las características necesaria para considerar un papel como permanente.

La Parte 2^a "La permanencia del papel", donde se incluye el Capítulo III -A la búsqueda de un papel permanente: El papel permanente y su normalización-, introduce al lector en la problemática de la definición de "permanencia" cuyo concepto determinará toda la metodología experimental. Tiene como finalidad determinar los criterios a seguir en la investigación.

Basándonos en la existencia de una normativa referida a la permanencia del papel, se busca el método más adecuado para evaluar la permanencia de nuestros papeles artísticos. Para ello, se realiza un recorrido historiográfico sobre la trayectoria de la normativa internacional en la materia que nos ocupa, gracias al cual hemos podido seleccionar y adecuar un grupo de normas, dada la inexistencia de una normativa completamente acorde con nuestros objetivos.

Queremos hacer hincapié en que, a diferencia de la parte anterior, el texto en conjunto, aunque tremendamente árido por el carácter de su contenido, supone una aportación historiográfica, ya que recoge a nivel de comparación, análisis y crítica, una visión conjunta de toda la normativa y sus particularidades. Máxime si tenemos en cuenta que el "movimiento normativo" está en constante efervescencia, tanto que durante la elaboración de esta tesis aparecieron proyectos de normas con las que en un principio no habíamos podido contar, y que incluso, en el caso de la norma internacional ISO 9706, terminaron convirtiéndose en norma internacional en fecha muy reciente

(primera edición en Marzo de 1994; disponible en España desde Junio). Esto ha supuesto un auténtico "rastreo" de las normas, que aún no ha concluido, ya que todavía esperamos la divulgación de bastantes proyectos y la publicación de algunas normas.

El conjunto de la normativa existente debe hacernos reflexionar sobre la importancia que se está dando a la conservación del papel en muchos sectores, y sobre la obligación de seguir una metodología prefijada, cuando ésta existe, si se pretende realizar un estudio contrastable.

Aunque una vez encauzados los criterios experimentales de esta Tesis dicho estudio comparativo pueda resultar "anecdótico", ha sido absolutamente imprescindible llevarlo a cabo, y en forma tan exhaustiva, pues sólo así se ha podido constatar la inexistencia de una normativa adecuada, a la vez que se ha podido diseñar un método acorde con nuestros objetivos. Por esta razón las conclusiones de esta parte son referencia básica y obligada para el desarrollo de la Tesis.

La analítica, el fondo y grueso de este trabajo, se ha separado en la Partes 3ª -Comportamiento de los papeles comercializados con fines artísticos, y propuesta de estabilización-. El desarrollo de sus capítulos ha consumido el mayor tiempo dedicado a la Tesis y los resultados alcanzados son la contribución que podemos ofrecer al campo científico y a la cultura, de modo general, y a los artistas de manera particularizada.

Reconocemos de antemano lo arduo de su lectura y la complejidad del contenido, pero el texto exige una atención especial, evidentemente ineludible,

sobre todo en lo referido a la discusión de resultados. Los cálculos estadísticos son resolutivos y determinantes: verifican y validan las conclusiones finales, siempre que criterios y métodos hayan sido correctos. Para facilitar la comprensión y lectura del conjunto se han elaborado tablas y gráficos, y el texto se ha ordenado de manera que al final de cada apartado se van estableciendo conclusiones parciales que quedan definitivamente elaboradas tras cada capítulo mediante la contrastación de hipótesis.

El Capítulo IV, "Estudio analítico", se inicia con la explicación del muestreo y sigue con la elaboración de las diferentes pruebas, medios, resultados y verificaciones. Tablas y gráficos ilustran visualmente la contrastación de resultados, hasta llegar a la valoración final del comportamiento de los 55 papeles manejados como muestra.

El análisis de los 55 tipos de papel, además de evaluar su adecuación, nos permite realizar un estudio comparativo de los diferentes criterios aplicados para determinar la permanencia. Consideramos de gran interés sus resultados, ya que demuestran la necesidad de una normativa acorde a los requisitos de permanencia de los papeles artísticos.

El Capítulo V, "Desacidificación y evaluación de resultados" se fundamenta en el Capítulo IV, pero es independiente.

Tal como era de esperar, un buen número de los papeles analizados no son tan satisfactorios como desearíamos. La constatación de esta realidad podría haber sido suficiente para cumplir los objetivos de la Tesis, pero hemos

querido ir más allá aportando una fórmula que pueda paliar las dolencias congénitas de algunos papeles.

Tras comprobar que uno de los peores males es la acidez y siguiendo los postulados de muchos autores, hemos dotado al bloque de papeles de una "mayor alcalinidad", confiando en que las hipótesis derivadas de la eficacia de la esacidificación como "tratamiento de restauración" fueran válidas como "tratamiento preventivo".

A tal efecto, tras desacidificar los papeles, se ha repetido todo el proceso reflejado en el Capítulo IV, con las mismas pruebas y criterios, y se han comparado resultados con los parámetros alcanzados antes y después de este experimento.

Las Conclusiones de todo el desarrollo de la investigación cierran el trabajo. En este texto retomamos las conclusiones parciales y sintetizamos los resultados obtenidos. A tenor de esta aportación, trazamos, de modo orientativo y simplemente como complemento ineludible, las condiciones preventivas a tener en cuenta si el autor, el usufructuario, un museo o una sala de exposición... tienen voluntad real de conservar en toda su integridad una obra de arte sobre soporte de papel.

Finalmente, cerrando el volumen, aparecen una serie de Apéndices:

- El apéndice 1 facilita las direcciones y sedes de los distintos organismos encargados de la normalización, que aparecieron mencionados a lo largo de la Parte II. Estos datos, a veces no suficientemente accesibles,

facilitarán al lector interesado la consecución de mayor información o el seguimiento de determinadas normativas.

- El **apéndice 2** está constituido por los datos y cuadros obtenidos mediante el análisis estadístico, comentados en el capítulo V (Diagramas de dispersión y cálculo de coeficiente de correlación lineal).

A los apéndices anteceden al aparato de la Bibliografía (Bibliografía, Normas consultadas y aplicadas, y Catálogos de firmas comerciales).

4.2. El Corpus Documental

Este tomo anexo al texto de la Tesis es fundamental para seguir y valorar el trabajo presentado. Consta de 55 fichas independientes (tantas como tipos de papeles se han utilizado en el tratamiento experimental).

Incluidas en cada ficha aparecen tres testigos de papel que corresponden:

- a) Aspecto original de la muestra.
- b) Aspecto tras el envejecimiento acelerado.
- c) Aspecto tras envejecimiento acelerado previa desacidificación.

Las respectivas casillas están diseñadas para rellenar con sus correspondientes claves los registros que aparecen reflejados en el modelo presentado en la página siguiente.

Con la idea de que esta Tesis sea accesible al mayor número de personas, se han incluido en la redacción explicaciones sobre tecnología papelera, procesos químicos y físicos que influyen en la alteración de los papeles, métodos de análisis y estadística. Pedimos disculpas a los científicos habituados a esta

terminología, a los que dichos comentarios puedan resultar obvios, pero entendemos que a los artistas, a los que en definitiva va dirigido este trabajo -aunque en muchos casos puedan estar más informados que la doctoranda- estas aclaraciones pueden serles útiles para seguir con menor esfuerzo la lectura y hacer más comprensible la metodología y las conclusiones de la Tesis.

MODELO DE FICHA

NOMBRE:

MARCA:

Nº:

PRINCIPAL APLICACION:

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura:	Gramaje (g/m²):
Color:	Barbas:	Color:
Grano:	Filigrana:	Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS		
Acidez (pH):	Desgarro M (mN):	Gramaje (%):
Reserva (%):	Desgarro T (mN):	Peso seco (%):
Nº Kappa:	Desgarro x (mN):	Blancura (%):

ENVEJECIMIENTO	
Retención Desgarro M (%):	f _L -D:
Retención Desgarro T (%):	
Retención Desgarro x (%):	Reversión Blancura:

DESACIDIFICACION		
Acidez (pH):	Retención Desgarro M (%):	f _L -D:
Reserva (%):	Retención Desgarro T (%):	
	Retención Desgarro x (%):	Reversión Blancura:

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

PARTE PRIMERA:
El papel como soporte
artístico - Naturaleza y
Estructura

I - El papel como soporte de estampas y dibujos



江戸名物綿面耕作

菱水引
田の馬

哥麻呂筆

Dibujos y estampaciones se han hecho sobre soportes de todo tipo y naturaleza, generalmente en concordancia con los materiales típicos de la grafía de cada época y lugar (Romero, 1994), pues está bien documentado (Escolar, 1988) que, a través del tiempo, obras de arte y escritura han compartido desde materiales inorgánicos (soporte de piedra y metal) hasta los modernos materiales sintéticos ("papel poliéster").

Entre los soportes de materia inorgánica, los más utilizados han sido la piedra y la arcilla, base de la escritura más primitiva, y soporte prioritario de las representaciones artísticas más antiguas, sin distinción de sociedades literarias o ágrafas¹.

Dentro de los materiales orgánicos, en el grupo de naturaleza proteínica se han empleado huesos, caparazones de tortuga, pieles y tejidos (de seda o de pelo de animal). Entre las pieles destacan sobre todo las semicurtidas; precisamente esta modalidad (pergamino y vitela) ha sido base de piezas de tan alto valor artístico, como la miniatura medieval (Paech, 1987). Pergamino y vitela forman parte de los soportes blandos más utilizados en la escritura e ilustración, al igual que las materias de naturaleza vegetal.

¹ Bajo el prisma de los testimonios conservados es neto el dominio de materiales inorgánicos pero, en origen, debió ser mayor el número y la variedad de soportes orgánicos (pieles, tejidos, huesos, madera, cortezas, etc.). A partir de la Edad Media aumenta paulatinamente el número e integridad de los materiales menos resistentes, porque se acorta la distancia cronológica evidenciando claramente que no es cuestión de cantidad sino que las lagunas y pérdidas son directamente proporcionales al paso del tiempo y a la inestabilidad de la materia.

En el grupo de materiales orgánicos de **naturaleza vegetal o celulósica**, los que aquí interesan, contamos con una gran variedad de soportes, desde los que no necesitan una previa manufactura (las tablillas de madera, las cañas, las hojas de palmera o la corteza de los árboles), hasta materiales que requieren una elaboración que puede conllevar un alto grado de desarrollo técnico, como es el caso del papel actual.

Entre los materiales vegetales que precisan manufactura se encuentran las telas de fibras vegetales, el papiro, el amatle y el papel.

El **papiro** (*Cyperus papyrus*) se obtiene de la planta denominada comunmente con el mismo nombre. Se utilizó como soporte de la escritura en Egipto desde el tercer milenio A.C., y su uso perduró, aunque ya como soporte poco común, hasta los siglos XI-XV d.C. El tallo del papiro, formado por capas concéntricas, se corta longitudinalmente para obtener finas tiras que se colocan formando una primera capa, sobre ésta se superpone una segunda en dirección opuesta; una vez prensado el conjunto, se obtienen hojas que se unen entre sí, pudiendo dar lugar a largas tiras que se manejan enrolladas.

El **amatle**, o "huun", se parece mucho más a lo que denominamos papel. Es un conglomerado de fibras obtenidas al machacar las raíces o ramas de un árbol del género *Ficus*; las fibras se disponen húmedas sobre una superficie plana y se dejan secar, posteriormente se alisan, obteniéndose de esta manera una superficie apta para la escritura y el dibujo. Este soporte es originario de América Precolombina. En algunos pueblos de Asia Oriental y Oceanía se han usado soportes parecidos al amatle, como el "tapa", propio de algunas islas del Pacífico, como Haway o Tahití, y el "Bai-lam", de Tailandia.

Cuadro 1: Antecedentes del papel en el mundo

<i>Región</i>	<i>Escrituras propias, o no</i>	<i>Material</i>
África negra.	Aborígen sin escritura.	No hay antecesores de papel.
África Norte.	Hieroglifas de los egipcios, etc.	Papiro en Egipto, papel por los árabes en el Magreb, siglo IX.
América Norte.	Muy dudoso; se supone a veces que había alguna escritura de símbolos; la mayoría dice que no existía.	Pieles (¿telas?).
América Central.	Varias.	Telas, amatl.
América Sur.	Recién aclarado sl.	Telas, cerámica.
Asia Norte, estepas hasta norte de Europa.	Varias (grabaciones).	Placas de hueso, pieles, cortezas de abedul y palillo de haya, telas.
Asia Central.	Varias.	Pieles, ladrillos cocidos, corteza de abedul, sedas, papeles barnizados (influidos por los chinos), papel en Samarcanda, siglo VIII.
Asia Oriental.	Varias.	China y Japón: tablillas de bambú, sedas, el papel, papel de arroz.
Asia Sur y Sureste (islas).	Varias (grabaciones).	India: tablillas de madera, cortezas. Indochina: hojas de plamera, papeles de moral (influido por los chinos). Islas: hojas de palmera, telas.
Europa Central.	Aborígen sin escritura.	Introducido, del Oriente Medio, el pergamino.
Europa Norte.	Véase Norte de Asia.	
Europa Sur.	Véase Oriente Medio.	
Oceanía y Australia.	Aborígen sin escritura.	Oceanía: «papeles» de fibra natural para pintar.
Oriente Medio, el mundo de la antigüedad mediterránea hasta Persia.	Varias escrituras y los sellos cilíndricos para firmar.	Ladrillos de la escritura cuneiforme y de escrituras persas (hasta la parte occidental) de India, rollos de cuero y de láminas de cobre, pergamino, procedente del norte de África el papiro, papel rústico en Bagdad, siglo VIII-IX.

En la actualidad, el soporte casi exclusivo para la realización de grabados y dibujos es el **papel**. El papel, al igual que el amatle, está formado por un conjunto de fibras, generalmente de origen vegetal, que forman una superficie plana; a estas fibras pueden añadirse diversas materias (encolantes, colorantes, blanqueadores, cargas de relleno, etc.), capaces de proporcionar unas características determinadas, según el uso al que vaya destinado.

Tradicionalmente se viene admitiendo que el papel como tal apareció en China, en el siglo II d.C.; en realidad su uso se generalizó a partir de esta época, una vez perfeccionado el proceso de fabricación, pero los restos arqueológicos del papel más antiguo están datados en el año 205 a.C. (Museo de La Ruta de la Seda en Xi'an).

Esta aparente contradicción se justifica por la existencia de un material muy parecido que resulta su más cercano antecedente: el **fidaliz** o proto-papel, obtenido a partir de una amalgama de restos de seda y tejidos que, tras desleirse en agua, y su pérdida posterior, constituía un conglomerado laminar más o menos uniforme, pero de escasa consistencia. Esta condición obligaba a que el fidaliz tuviese que ir adherido a un soporte a base de tablillas de bambú u otro material.

La Historia China atribuye el invento del fidaliz a Han Hsin, aproximadamente en el año 200 a.C., y este dato se corresponde claramente con los restos de "papel" encontrados en excavaciones arqueológicas chinas¹ que, para mayor concordancia con la historia, aparecen pegados a tabletas, u ofrecen una consistencia tan frágil, por falta de encolado, que hace pensar en la desaparición de la madera. Las fibras son de lino u otras materias textiles, pero la seda no aparece, cosa que tampoco es de extrañar por su menor resistencia al paso del tiempo.

¹ William et al. (1981) mencionan el descubrimiento, en 1957, de fragmentos de papel amarillento en la tumba de Pa-Ch'iao, en Sian, que parecen pertenecer a la dinastía Han -202 a.C. / 9 d.C.-. Keim (1966, 33) también informa de restos de papel hallados en una tumba, en Schansi, datados en el año 140 a.C.

La invención del papel, con su aspecto y consistencia característicos, se atribuye a Ts'ai Lun en el año 105 d.C. Quizás su mérito consistiera en añadir a las materias de fidaliz una sustancia encolante, probablemente a base del extracto de un alga marina (agar-agar), aunque lo más seguro es que su aportación fuera ofrecer al Emperador Chino (Ho-ti 96-105, Dinastía Hang) este soporte de uso popular, ligeramente perfeccionado, para que lo adoptase como soporte de la escritura en su biblioteca, en sustitución de los caros rollos de seda y de las incómodas tabletas de bambú.



Fig. 1 - Artesanos de papel oriental: encolado y formación de la hoja

No se sabe si el empleo de fibras no textiles, como la morera y el bambú, y el uso de bastidores para la formación de la hoja se deben atribuir a este inventor, o si se fueron desarrollando mucho antes de que este descubriera la manera de dar consistencia al papel.

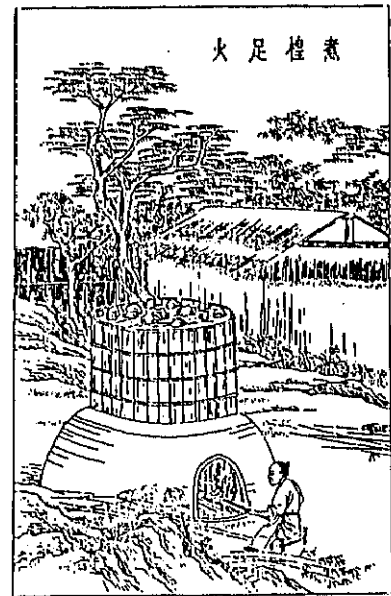
El método tradicional de fabricación de papel en China consistía en el remojo de los vegetales y restos de tejidos (Fig. 2), su cocción en agua de cal, en algunos casos (Fig. 3), y la colocación de la pasta obtenida en tinas, de las que se extraía mediante un tamiz o formadora (Fig. 4). El tamiz se hacía con un entramado de juncos o fibras hiladas de bambú sujeto a unos bastidores; los juncos dejaban en el papel una marca característica, denominada posteriormente verjura, visible al trasluz, en la mayoría de los casos (Fig. 5).

Tras la formación de la hoja venía el prensado y secado al sol o pegando las hojas a las paredes calientes del exterior de un horno, de especial construcción para este fin. Finalmente, se encolaban con una brocha mediante sustancias vegetales obtenidas de algas, raíces o almidones, y se pulían con bruñidores de piedra o hueso (Fig. 6)¹.

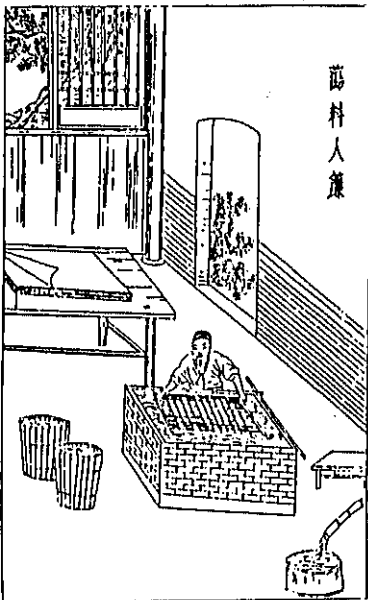
¹ Un método menos evolucionado, todavía en uso en algunas regiones orientales, consiste en sacar la pulpa con la formadora (o verterla directamente sobre ésta), dejándola secar al sol hasta que la hoja adquiere consistencia.



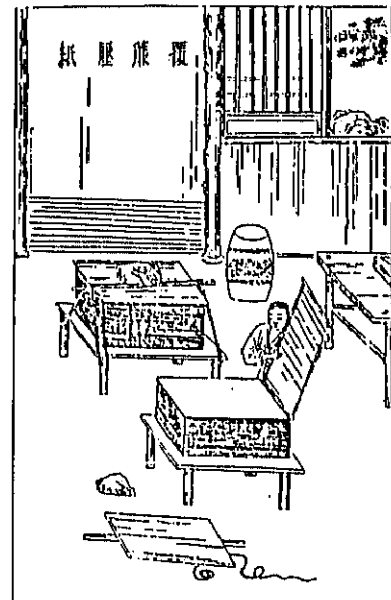
2



3



4



5

Fig 2-6: Fabricación Tradicional del papel en China:

- 2- Corte de renuevos de bambú y remojo en agua
- 3- Cocción de tallos en mezcla de agua y cal
- 4- Extracción de la tina de una hoja de papel con una formadora flexible
- 5- Prensado de las hojas
- 6- Secado de las hojas en muro hueco calentado



6

El papel llegó al mundo occidental de manos del pueblo árabe¹. Su presencia está documentada desde el siglo X en Córdoba y Sevilla². A partir de este momento el papel se difunde también por territorios cristianos, compitiendo con el pergamino, a la vez que aparecen molinos papeleros por toda Europa, de forma lenta pero progresiva³.

La fabricación del papel en Occidente difería en cierto modo de la oriental, pero se basaba en el mismo proceso. Los árabes incorporaron, en el siglo IX, el tejido de algodón como materia prima, pero el papel europeo se realizaba mayoritariamente con fibras textiles de cáñamo y lino, obtenidas a partir de trapos. Esto fue lo común desde el siglo X hasta el XIX, en el que la escasez de trapos frente a la demanda del papel hizo que se buscaran materias primas alternativas, de esta necesidad surgió el empleo de la madera (1853) como base de la obtención del papel.

¹ El sistema chino fue celosamente guardado, y poco difundido. Pasó primero a Corea y a continuación a Japón (siglo VII), donde se perfeccionaron los métodos, consiguiéndose papeles de mejor calidad. Pero en el siglo VIII los árabes conquistaron territorios chinos (Samarkanda: 751 d.C.) y obtuvieron el secreto de prisioneros fabricantes de papel, difundiendo el uso de este soporte por todos sus dominios, incluida España.

² El Breviario Gótico, o Misal Mozárabe, del Monasterio de Santo Domingo de Silos, parece ser el código de papel más antiguo de Europa (siglos X-XI) (Escolar, 1993, 238).

³ En Francia el primer molino de papel data en el siglo XII, en Italia en el XIII, Alemania en el XIV, Suiza, Austria e Inglaterra en el XV; Suecia, Méjico, Holanda y Dinamarca en el XVI y Rusia y Norte de América en el XVII.

En la España cristiana el papel alcanzó una gran difusión, sobre todo en la zona levantina (Cataluña y Valencia), donde están localizados los restos de unas siete decenas de molinos papeleros desde el siglo XII. El hecho evidente es que aproximadamente en el siglo XVI, según las zonas, el papel había desplazado completamente al pergamino, por su menor coste y facilidad de manejo. Oriols Valls (Museu Molí...1991, 69-75) ubicó los antiguos molinos papeleros de la zona de Cataluña. De estos antiguos molinos todavía se conserva, en funcionamiento, y a modo de museo, el Molino Papelero de Capellades. Su edificio actual data del siglo XVII.

La misma demanda del producto, junto a la evolución técnica de la época, supuso el abandono del antiguo método de fabricación de papel -hoja a hoja mediante una formadora- y la aparición de las máquinas de papel continuo (1790), con las que se lograban largas tiras de papel con un coste menor, tanto económico como de tiempo.

Así nos encontramos con dos tipos de papel de características muy distintas, según sea fabricado antes o después del siglo XIX: el **papel artesanal**, obtenido manualmente con **pasta de trapos**, y el **papel fabricado en máquina** continua con **pasta de madera**. Como es evidente ambas características no son excluyentes, y podemos encontrar papeles continuos realizados con pasta de trapos, y papeles "a mano", realizados con pasta de madera.

Por esta razón analizamos por separado cada una de estas categorías, porque las características de la pasta y la forma de fabricación son responsables de las cualidades y diferencias que individualizan los distintos grupos de papel.

2. LA FABRICACION DEL PAPEL

2.1. EL PAPEL "A MANO"

La fabricación del papel "a mano" o también denominado "de tina", se realizaba tradicionalmente en los antiguos molinos papeleros, con pasta de trapos¹.

Aunque el proceso de fabricación del papel a mano en Occidente fue evolucionando desde su entrada en España (siglo X) hasta su época de apogeo (finales del siglo XVIII y principios del XIX), el proceso completo de la fabricación del papel a mano de forma tradicional consta, en términos generales, de las siguientes fases:

- Bateo de la pulpa de papel y traslado a la tina
- Formación de la hoja de papel
- Colocación de las hojas entre bayetas (ponar), formando la "posta de pliegos"
- Prensado de la posta de pliegos
- Deshecho de la posta de pliegos, eliminando las bayetas (levar) y formando la "posta blanca"
- Prensado la posta blanca
- Deshecho de la posta blanca y secado de los pliegos en el secadero y tendadero
- Encolado del papel
- Prensado del papel encolado

¹ Actualmente se está revalorizando este sistema para papeles de gran calidad, por lo que han proliferado empresas, de mayor o menor envergadura, que se dedican a la manufactura de papeles según métodos artesanales. En este caso, se suele obtener la pulpa de la industria papelería, y se sustituyen algunos de los tradicionales componentes del papel, por ejemplo los encolantes, por otros modernos de mejor calidad, a la vez que se experimenta con variedades de texturas, combinaciones de fibras de distintos colores y materias, grados de absorbencia, etc., con el fin de proporcionarle al artista una gama de soportes cada vez más variada.

- Tendido del papel encolado
- Prensado del papel seco
- Satinado o bruñido del papel
- Selección de los papeles según la calidad o acabado
- Confección de las resmas
- Desbarbado de las resmas
- Embalado del papel y almacenamiento

El proceso de formación de la hoja de este papel artesanal comienza con el transporte de la pulpa o pasta de papel recién preparada (en forma líquida) a unas tinajas, donde se mezcla con más agua y se bate para desleirla y dispersarla; este proceso se denomina tradicionalmente **bateado**¹.

Una vez obtenida una buena mezcla de fibras en suspensión acuosa, de aspecto lechoso, se pasa a la etapa más delicada de la manufactura del papel: la **formación de la hoja**, que es llevada a cabo por el maestro (alabrén o sacador).

La pasta, más o menos diluida, según el espesor deseado del papel, se extrae de la tina con una especie de cedazo rectangular, llamado **forma**, **formadora**, **formeta**, **costillada** o **molde**².

¹ Si la pulpa recién preparada no se emplea en un corto espacio de tiempo, se pudre. Para evitar la putrefacción se puede dejar secar hasta que quede convertida en una materia sólida, con forma de bloques o cartones. En este caso el desleido se realiza durante un tiempo aproximado de una hora en un cilindro desleidor (tipo pila holandesa, que será descrita posteriormente), o por medio de unos mazos de cabeza plana

² Aunque en España no parece haber sido práctica común, en otros países europeos la tina se mantiene caliente, esto puede lograrse introduciendo un tubo de cobre dentro del cual se quema carbón o colocando la tina detrás de un horno que llena el tubo de aire caliente. Según los defensores de esta costumbre, el papel fabricado con agua fría se seca más lentamente y parece ser más endeble (La Lande, 1778).

La **formadora** es una rejilla de hilos muy finos, generalmente de cobre o latón, aunque hoy se están sustituyendo por alambre metálico galvanizado. Los hilos se disponen, transversal y longitudinalmente, sobre un marco de madera con unos fustes o travesaños que sostienen el entramado. Los hilos que cruzan horizontalmente la forma se llaman **pontizones** o **puntizones**, y se disponen unos muy cerca de otros para formar el entramado. Los puntizones se sustentan sobre otros mas gruesos y espaciados llamados **corondeles**, que se colocan en la misma dirección que los **entrepaños**, a los que van cosidos con finos hilos metálicos.

La trama de los corondeles y puntizones propios de la formadora artesanal queda marcada en el papel, al depositarse menos pulpa sobre el relieve; esta marca se denomina **verjura** o **vergé**, y el papel que la lleva **papel verjurado**, **vergé** o **vergueteado** (Diccionario R.A.E.).

A esta señal de identidad del papel de tina, se une, a partir del siglo XIII en Italia, la **filigrana**. La filigrana se logra cosiendo en la formadora, generalmente con alambre, una figura identificativa del molino del que procede el papel; esta señal queda marcada en la hoja al igual que la verjura, y es visible, como ésta, a simple vista o colocando el papel al trasluz (Briquet, 1968)¹.

¹ La primera filigrana de la que se tiene conocimiento data de 1282 y es de Bolonia. El estudio de las filigranas de los papeles antiguos constituye una importante fuente para la investigación sobre la procedencia de un papel, al igual que el análisis, en la verjura, de la separación y regularidad de los corondeles y puntizones, pues según van pasando las décadas su fabricación es más cuidada, lo que se evidencia en las líneas más paralelas y en las distancias entre estas, más regulares (Valls, 1970).

Para la datación del papel a partir de sus filigranas, véase Hidalgo (1994), donde se incluyen interesantes referencias bibliográficas sobre este tema. dada, lo que se evidencia en las líneas más paralelas y en las distancias entre éstas, más regulares

La verjura, tenida como propia de los papeles de tina, no es una característica obligada en estos, a pesar de que comunmente se identifique el papel verjurado con el papel hecho a mano. A partir del año 1797 se realizan, en Alemania, papeles de tina llamados **papel vitela**, por semejanza a la superficie de esta piel (pergamino muy fino obtenido de animales recién nacidos o nonatos); en contraposición al papel verjurado, el papel vitela se caracteriza por una superficie sin marcas, especialmente demandada y apreciada por artistas e impresores de libros, que gustaban de un acabado cada vez más regular y perfecto, lo más liso posible (la carencia de verjura se consigue empleando una formadora de tela tejida -tela de lienzo- o de tela metálica de trama muy fina).

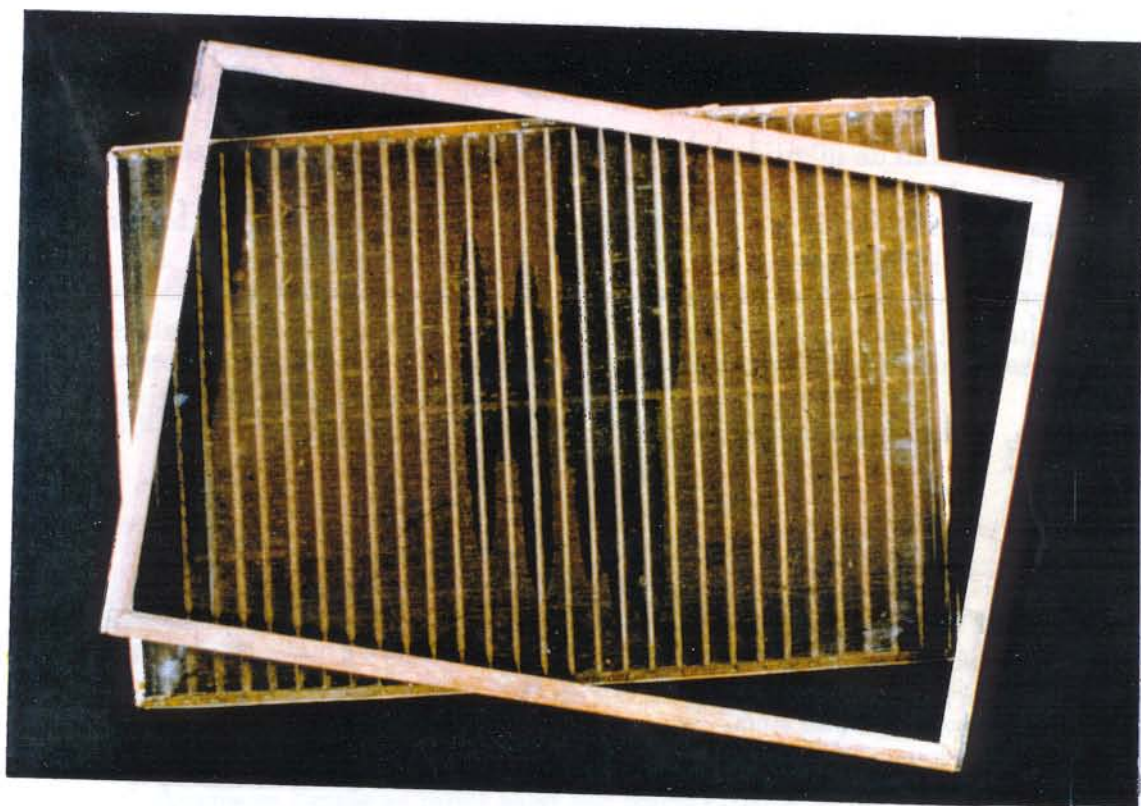


Fig. 7 - Formadora con marco.

La formadora se complementa con el **marco**, frasqueta o cubierta, que es una moldura interior de madera que se encaja sobre la forma. A la vez que impide que la pulpa que llena la formadora se vierta por los laterales, sirve para regular el grosor del papel¹.

La formadora se sujeta con las dos manos, sosteniendo su marco con los pulgares, de esta manera se introduce en la tina, verticalmente, hasta que, a una profundidad determinada, se coloca de manera horizontal y se extrae de la tina; una vez extraída se mueve con un suave balanceo, de derecha a izquierda y de atrás a delante, para que la pulpa quede bien distribuida y se entrelacen las fibras entre sí ("pasear" la pulpa).

Una vez que la mayor parte de agua se escurre entre los hilos de la formadora, se coloca sobre un escurridor o tablilla agujereada hasta que es recogida por su ayudante (ponedor)².

¹ La profundidad a la que se introduce la formadora, junto con la densidad de la pulpa y la velocidad de extracción, determina el grosor de la hoja de papel (se requiere una gran habilidad para lograr hojas uniformes y de un mismo grosor).

La tendencia natural es que al sacar la forma ésta se incline un poco más hacia el lado opuesto al del maestro formador (laurente), este lado queda siempre un poco más fuerte y se llama la *buena orilla*, mientras que el lado que quedaría más proxima al cuerpo del operario es la *mala orilla*. En muchos molinos el maestro paplero fomenta este efecto al procurar que la esquina derecha quede más gruesa, con objeto de dejar un lado más resistente por donde agarrar el papel en las operaciones posteriores sin que resulte dañado.

² Precisamente para evitar el inconveniente del peso y a la vez conseguir siempre introducir la formadora a la misma profundidad, en algunos talleres se han ingeniado modelos de grandes formadoras colgadas del techo que descienden y suben mediante poleas. Esta es el método empleado por la empresa Meirat (Madrid).

Colocada la formadora sobre el escurridor, el maestro formador levanta su marco y el ponedor la recoge para volcar la pulpa sobre un sayal, o bayeta, húmedo. Los *sayales* son paños, generalmente de lana, aunque hoy se emplean también de materiales sintéticos. Es necesario que estén mojados y no sean de tejidos vegetales para evitar que se queden pegadas las hojas.

Tradicionalmente los sayales de lana tenían las dos caras distintas, una con más pelo que la otra, por tenerlo cardado. En este caso el pliego de papel recién hecho se tiende sobre la superficie con menos pelo, para no quedar dañado al estar tan tierno, lo que ocasiona una diferencia entre las dos caras del papel, tanto de textura como de absorbencia. Estas superficies recibirán el nombre de *cara tela* y *cara bayeta* según hayan estado o no en contacto con la formadora.

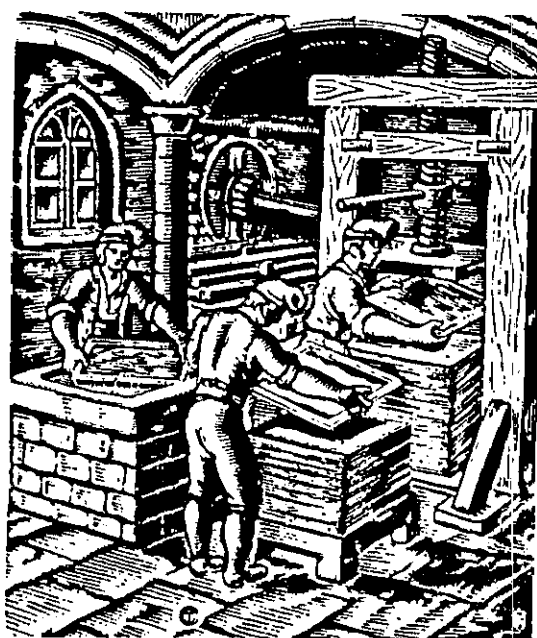


Fig. 8 - Formación, ponado y prensado de la hoja.

El maestro paplero trabajaba con dos formadoras, de manera que una vez extraída la primera y quitado el marco, se lo ponía a la otra e iba sacando una nueva hoja de papel mientras el ponedor colocaba la primera sobre un sayal.

El banco que sustenta los sayales se denomina tradicionalmente "banca de poner", ya que la operación de colocar la pulpa sobre las bayetas se conoce como "poner"¹.

Cuando se consigue una altura determinada (normalmente 260 hojas entre 261 sayales²), la posta de pliegos se coloca entre tableros (cubierta del drapán) y se prensa durante unos quince minutos. Este es el primer secado, donde se pierde la mayoría del agua y se regulariza el grosor de las hojas³.

Una vez escurridos los pliegos, se sacan de la prensa y se procede a la operación, muy delicada, llamada "levar". Consiste en ir separando cada hoja del sayal, colocándolas en un plano inclinado (banca de levar) y para ello al levador, o elevador, le suele ayudar un virador, que va levantando los sayales mientras este separa los pliegos.

Cuando este proceso se ha realizado con la mitad de la posta, se colocan dos sayales encima que se aplastan con las manos, y cuando finaliza la operación, se prensan de nuevo en una prensa más pequeña llamada prensilla.

Este último prensado es más suave pues el papel podría cortarse y sirve para dar cuerpo y uniformidad a la superficie del papel. Cuando los pliegos se

¹ Para poner se coloca la forma llena de pulpa perpendicularmente, apoyada por uno de sus lados, y una vez calculado el espacio para que la hoja quede centrada, se vuelca sobre un sayal, presionándola sobre éste para que la pulpa se desprenda bien de la formadora. Sobre la hoja colocada se superpone un nuevo sayal, sobre el que se colocará una nueva hoja de papel; este conjunto de hojas y sayales se denomina posta de pliegos, de bayetas o de sayales.

² Para, tras eliminar las hojas con taras, obtener una posta (250 hojas).

³ La prensa tradicional es la de tornillo o husillo, pero actualmente se usa, con muy buenos resultados, la prensa hidráulica, en la que, si es termostatizada, se puede secar las hojas con calor.

extraen de la prensa final, son colocados sobre un plano inclinado (sela del levador) o sobre estanterías. A partir de ahora las hojas se pueden manejar con las manos, pues mediante el escurrido han ganado consistencia. Este conjunto de pliegos, ya sin sayales, se llama *posta blanca*.

Cuando las hojas son gruesas, la *posta blanca* pasa al *secadero*, donde se separan y se dejan orear sobre una superficie plana. Luego se trasladan al *tendedero* para su completo secado. El *tendedero* suele estar en la terraza del edificio, para que las hojas se sequen al sol, y en cierta forma se blanqueen gracias a sus radiaciones¹.



Fig. 9 - Mirador

En el caso de papeles muy absorbentes hasta aquí llega el proceso final, pero la mayoría de los papeles precisan ser encolados. El papel sin encolar admite lápiz, carbón, sanguina, etc., pero las tintas líquidas se emborronan².

¹ Cuando los papeles son mínimamente finos, pasan directamente a los *tendederos*, donde se colocan sobre cuerdas (*tesas*), sujetos con pinzas o doblados. Si los papeles gruesos se hubiesen tendido directamente sobre estas cuerdas, habrían quedado marcados por las dobleces o se habrían rasgado.

El papel fino no puede separarse en húmedo, pues se rasgaría, por esto se toma en grupos de 7 u 8 hojas (*payas*) que se suben y bajan de las cuerdas colocándolos en un instrumento en forma T (*espilo* o *ferlete*), que puede ser largo para llegar fácilmente a las cuerdas más altas.

² Algunos de estos papeles absorbentes se empleaban para impresión, en cuyo caso se fabricaban preferentemente en invierno, pues con el frío quedan más blandos, al reventar las células de sus fibras por congelación (Keim, 1966). Muchos impresores gustaban de este tipo de papel o con un
(continúa...)

Para que el papel sea apto para la grafía necesita ser **encolado**; con el encolado aumenta la consistencia del papel y le resta absorbencia, haciéndolo suficientemente impermeable para evitar el emborronamiento de las tintas.

El método más tradicional es el encolado con cola animal o gelatina, mediante imprimación con brocha, o por baño. El baño de encolado se realiza en una especie de tina llamada mojador, en la que se vierte la cola caliente una vez filtrada.¹

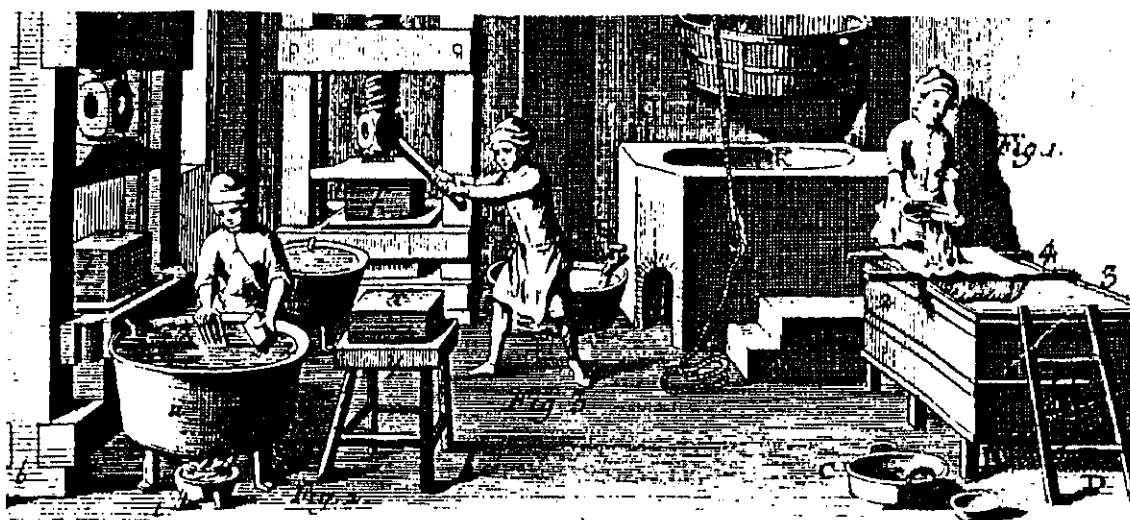


Fig. 10 - Encolado

²(...continuación)

encolado débil, pues si el papel estaba muy encolado debían mojarlo durante más tiempo para quitarle el apresto, ya que existía la creencia de que el papel muy encolado daba más trabajo de prensado y gastaba los caracteres (La Lande).

¹ Las hojas se introducen en la gelatina en grupos de aproximadamente media docena, sujetándolas por uno de sus extremos con un listón, y se tienen sumergidas dándoles vuelta durante unos cinco minutos, hasta que quedan bien impregnadas. Muchos encoladores no realizaban esta última operación, y sin soltarlas de las regletas las sacaban inmediatamente para, en el posterior prensado, distribuir la cola por igual entre todas ellas.

Una vez impregnadas de cola, las hojas se sacan del mojado sujetándolas con las regletas, para evitar que se rompan y cuando han escurrido se vuelven a prensar, haciendo que la cola sobrante resbale sobre un canal, para volver a reutilizarla.

La intensidad y tiempo de este prensado deben ser cortos para que las hojas no se peguen entre sí, y es necesario que, con mucha rapidez, los pliegos se terminen de secar, uno a uno, en el **tendedero**¹. Una vez completamente secas las hojas vuelven a la **prensa**, donde se les da un prensado final para eliminar pequeñas deformaciones del papel.

Para papeles de calidad superior es preciso un **segundo encolado**, esta vez mediante baño de cola con alumbre (sólo en papeles a partir de finales del siglo XVII -1683-).

La fase del encolado de los pliegos de papel puede eliminarse si se mezcla el encolante con la pulpa, antes de la fabricación de la hoja, (encolado en masa), de hecho los papeleros orientales empleaban con esta finalidad un adhesivo de arroz que mezclaban con las fibras, pero la cola de gelatina empleada en el mundo occidental no funciona como encolante en masa, pues se diluye en el agua.

Para paliar este problema se suele emplear, desde que lo descubrió Illing en 1806, el alumbre mezclado con colofonia. Este sistema de encolado en masa supuso un gran avance, y se extendió rápidamente, por la disminución de trabajo que suponía para el proceso de fabricación del papel. A partir del siglo XIX está tan generalizado que es difícil encontrar papeles

¹ Es muy importante el tiempo atmosférico en el momento de encolar la hoja, si el día es húmedo se ablanda la cola y si hace calor se seca muy rápido sin penetrar en el papel, lo mismo ocurre si hace frío, pero porque se convierte en una costra, en cuyo caso también se amarillea. Lo ideal es un día seco y templado.

que carezcan de estos componentes, pero sus resultados son, a la larga, muy nocivos para el papel, ya que constituye un factor de autodestrucción. Hoy en día, para evitar este inconveniente, se están empleando con éxito algunas resinas sintéticas.

El acabado final del papel se logra con el **satinado**; primitivamente, el satinado se hacía frotando el papel con bruñidores de hueso o piedra (por ejemplo, ágata) sobre una placa de marmol o metal, pero este sistema quedó relegado a los papeles muy finos, pues muy rápidamente se sustituyó por el de un mazo satinador con cabeza metálica¹.



Fig. 11 - Mazo satinador (Capellades)

¹ En el satinado con bruñidor se solía emplear sebo de carnero, con el que se frotaba la piedra de bruñir para que se deslizara mejor por el papel, pero este uso terminó prohibiéndose, pues hacía los papeles demasiado impermeables a las tintas; solo se conservó para los naipes que, para aumentar su lustrosidad, se bruñían con grasa o con jabón (La Lande, 125).

El bruñido con mazo se realiza aprovechando la fuerza hidráulica en su movimiento. El mazo machaca una plancha, también de metal, entre la que se interponen bloques de papel. Las hojas se barajan alternativamente hasta que todas se satinan por igual. El satinado se logra por simpatía con la plancha metálica, y sirve para cerrar los poros del papel¹.

Modernamente, para el satinado se emplean tórculos, en los que se alisa el lote de hojas, haciéndolas pasar entre cilindros de acero, que transmiten fuerza, brillo, regularidad y consistencia al papel. Los cilindros del tórculo pueden separarse más o menos según el grosor del papel a satinar y el grado de satinado deseado. El satinado con tórculo o cilindros satinadores es mucho más regular que el realizado con mazos.

Una vez satinadas las hojas se **seleccionan**, este es el trabajo de las triadoras o apartadoras, que lo miran al trasluz haciendo grupos según la calidad o las deficiencias². Luego las **contadoras** juntan los papeles en resmas de igual calidad que se prensan, y el papel excesivamente defectuoso es apartado para convertirlo de nuevo en pasta.

¹ Este procedimiento de satinado es muy peligroso para el operario, pues la placa metálica con el conjunto de papeles debe ser movida con las manos bajo el mazo, siguiendo el ritmo de los golpes para cambiar el bloque de hojas sin que se produzca un accidente.

² Según sea el molino paplero existen diversos modos de seleccionar el papel, haciendo múltiples subdivisiones, pero la más común es la que distingue entre el papel bueno (sin defectos), el retriado (con manchas de agua, marcas de haber sido levantada alguna brizna, o pequeños defectos), el desquinado (hojas arrugadas, con grumos o manchas importantes, con agujeros etc.), el corto (más cortos por defecto de fabricación o por haber eliminado un trozo defectuoso) y el quebrado (pliegos inservibles). El papel corto empleado para envolver las resmas buenas se llama papel costero.

Finalmente se embalan las resmas (500 hojas de papel) y se ponen a la venta. En ocasiones, antes del embalado, se pasa una lija por los bordes de las resmas (desbarbado) para eliminar las barbas típicas del papel hecho a mano¹.

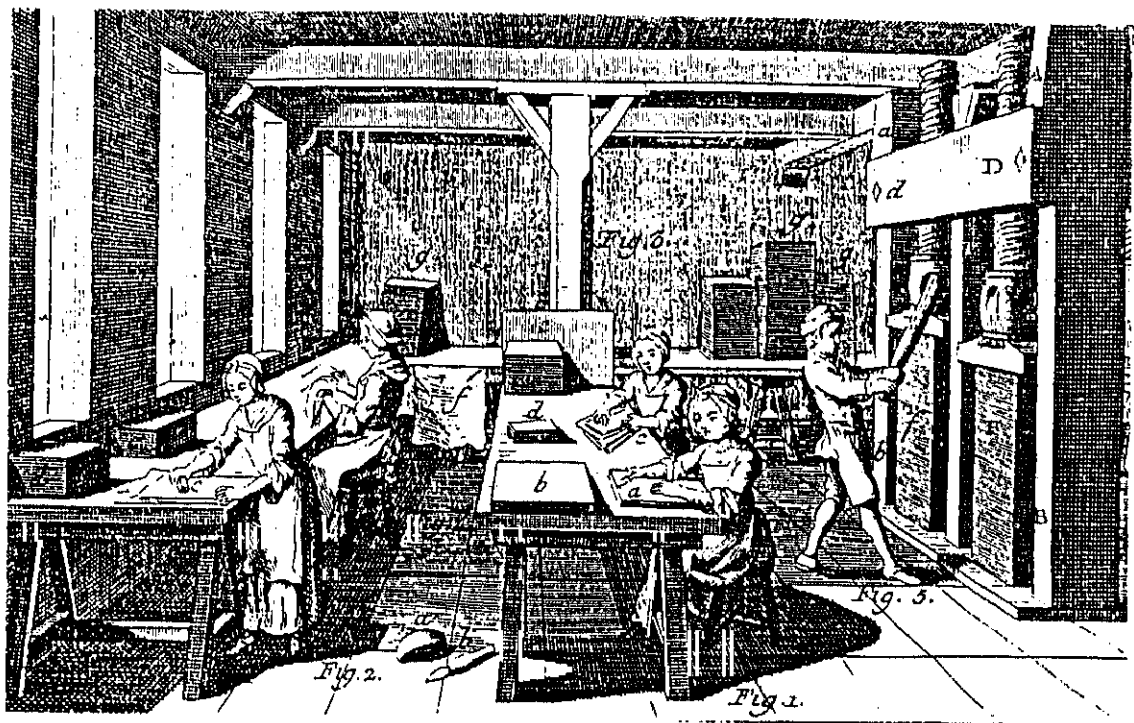


Fig. 12 - Contadoras, acabado y prensado final

La fabricación del papel a mano en la actualidad ha quedado muy reducida. Ya no existen fábricas con un número de operarios semejante al de los molinos papeleros de hace tres siglos; el proceso de fabricación está muy simplificado, y ha desaparecido la especialización de los trabajadores, ya que es raro que su número llegue a ser mayor de cinco. En una empresa donde trabajen un operario y un ayudante la producción diaria de hojas puede ser aproximadamente de doscientas.

¹ En un molino paplero a buen funcionamiento, con el maestro sacador, el ponedor y un levador se podían fabricar unas 5.000 hojas de papel diarias. Una persona hábil podía encolar 37.000 papeles cada jornada (La Lande).

La única excepción es el mundo oriental, donde el coste de la mano de obra y de las materias primas no supone un problema. El papel asiático tiene una gran tradición y sigue manteniendo los mismos métodos de fabricación de hace varios siglos. Es un papel muy apreciado cuyas características no son fácilmente imitadas por la industria occidental¹.

Entre los papeles asiáticos destacan los papeles chinos, los japoneses y los de la India y Nepal. Los papeles chinos son normalmente delgados pero muy resistentes, debido a sus fibras largas, procedentes de la parte interior de la corteza de la caña de bambú. El papel japonés suele estar fabricado con la corteza interior de plantas como el moral, el kozo, el mitsumata o el gampi y puede estar ligeramente encolado en masa con harina de arroz o carecer de apresto; normalmente son papeles satinados de fibras largas y flexibles, grosor irregular y tono amarillento. Los papeles del Nepal se fabrican con la corteza del Loktha, un árbol del Himalaya, y se caracterizan por su grosor irregular, y los de India se encolan en masa y tiene como materia prima los trapos, yute, esparto, té, lana, algas o caña de azúcar.

En comparación con el resto de la industria papelera la demanda del papel a mano es muy reducida, y se limita a papeles con características especiales para artistas, por lo que en muchas ocasiones se trabaja por encargo. Es de destacar el intento de la mayoría de los fabricantes de papel artesanal de emplear materias primas de primera calidad, tanto

¹ La fabricación de este tipo de papel está no sólo fomentada y protegida por los gobiernos de los propios países productores (en especial Japón) sino que también cuenta con el apoyo de las Naciones Unidas.

tradicionales como modernas, buscando la permanencia y durabilidad de la que carecen la mayoría de los papeles continuos.

Desde hace unos 25 años, cuando comenzó a resurgir la fabricación del papel a mano, la demanda ha ido en aumento, fomentada por los artistas modernos que comienzan a darle importancia a la calidad de los materiales sobre los que realizan sus obras, a la vez que demandan nuevas características y texturas, que no pueden ser satisfechas por la industria papelera convencional. La industria de papel a mano nunca volverá a ser mayoritaria, pero es evidente que cada vez su auge es mayor¹.

¹ Un ejemplo actual de fabricación de papel, con los mismos métodos y materias primas que antiguamente, se encuentra en el Molino de Capellades, en Barcelona donde, como forma de investigación y museo, se sigue fabricando papel "a la antigua usanza" y se vende para la realización de obras de primera calidad (Valls, 1972). Los antecedentes de este molino alcanzan hasta el año 1238 y parece que fue la única fábrica de papel a mano que quedó en España después de la década de los 30, cuando todas las demás cerraron por la competencia del papel continuo.

2.2. EL PAPEL CONTINUO

El papel continuo se remonta a finales del siglo XVIII, cuando aparecen los primeros sistemas mecanizados de formación de la hoja de papel. Recibe el nombre de papel continuo porque el **principio básico** de la maquinaria es una cinta sin fin sobre la que se deposita la pulpa, de modo que no se obtienen hojas sueltas, como en la fabricación del papel a mano, sino largas tiras de este material.

La **primera "máquina de hacer papel"**, base de la maquinaria actual de la industria papelera, fue patentada por Nicolas Louis Robert en 1799 (Keim, 1966, 119 ss.) con el nombre de "máquina sacudidora de papel". En España las primeras fábricas de papel continuo se instalaron en Villanueva del Gallego (Aragón) a principios del siglo XIX y en Manzanares del Real en 1840 (Gayoso, 1967, 78) siempre con recelos por parte de la Administración, que no veía con buenos ojos la sustitución de un tipo de papel por otro¹.

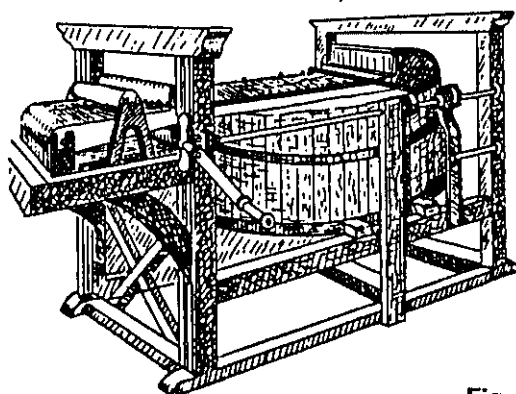


Fig. 13 - Máquina de Robert

¹ Debido a la preocupación por la calidad del papel empleado en los documentos oficiales, la Administración fue prohibiendo, a partir de 1846, mediante Reales Ordenes, el uso del papel continuo, ordenando a su vez el empleo de "papel de hilo corto" (Espasa Calpe., Vide "Papel. Adm.").

La máquina de Robert, llamada comúnmente "máquina plana", fue perfeccionándose poco a poco. En principio consistía, simplemente, en una banda de tela sin fin de aproximadamente 1'50 cms. de largo por 40 cms. de ancho, que giraba entre dos rodillos, uno de los cuales tenía una manivela que se accionaba manualmente, de modo que al girar el rodillo, movía la cinta con un movimiento de vaivén.

La pulpa la vertía un operario desde una tina al comienzo de la cinta transportadora, ésta disponía a los lados de una cinta elástica de piel de anguila que impedía que la pulpa se derramase por los laterales. Una regleta enrasaba la pasta al inicio del recorrido y unos rodillos, al final de la cinta, aplastaban la pulpa y hacían que el agua escurriese. La tira de papel húmedo que salía de la máquina se colocaba en colgadores y luego se enrollaba en bobinas que alcanzaban hasta 15 metros, pero posteriormente debía ser desenrollada, cortada, secada, encolada y alisada.

La fabricación de papel con la máquina plana de Robert era un trabajo irregular y lento en comparación a los actuales sistemas, pero supuso la base para la moderna maquinaria de la industria papelera, y un gran avance en su tiempo, pues todo el trabajo se lograba con sólo dos trabajadores no cualificados.

La máquina de Robert fue alcanzando una perfección paulatina, él mismo añadió un sistema de distribución de la pasta por medio de una noria que la elevaba desde la tina a la cinta transportadora, pudiéndose prescindir así de uno de los dos operarios. Poco después Bryan Donkin añadió otras importantes mejoras, como un motor para accionar mecánicamente el movimiento de la cinta transportadora, con sacudidas regulares, mejorando así la distribución de la pasta, unas guías desplazables que sustitúan los laterales fijos de la máquina -con la que ahora se podían obtener papeles de distintos anchos-, secado mediante instalación de prensa húmeda, secado total por enrollado en aspa, y cilindros secadores como perfeccionamiento de los sistemas anteriores de secado. Como los constructores de esta

máquina perfeccionada por Donkin fueron los hermanos Fourdrinier, la máquina plana, o de Robert, también recibe el nombre de "máquina Fourdrinier".

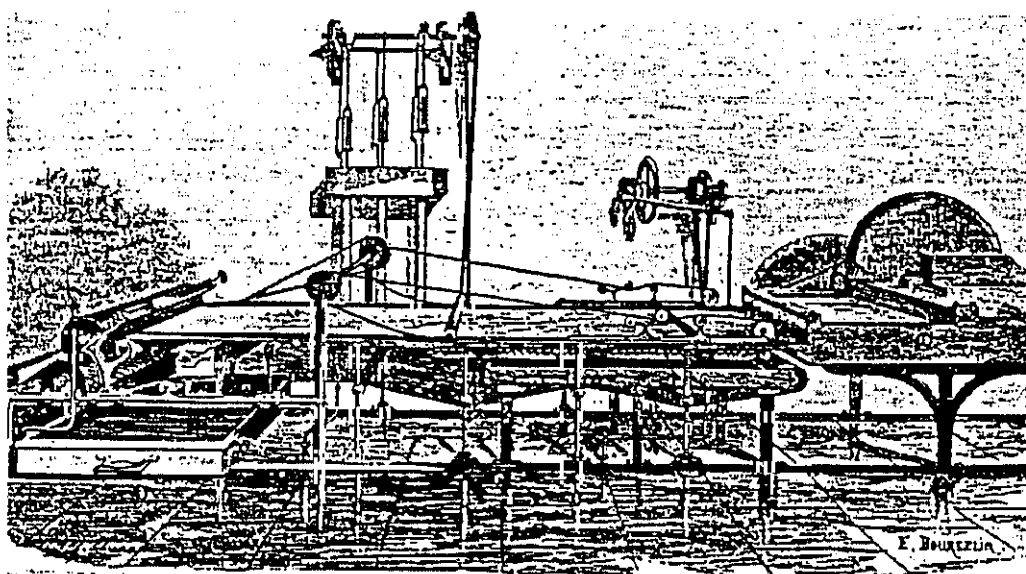


Fig. 14 - Máquina Donkin

El grosor del papel fabricado se puede regular fácilmente graduando la distancia entre los dos rodillos secadores, por lo que se pueden fabricar cartones o cartulinas directamente, y no como se hacía antes por medio de la superposición de capas de papel fino (cartón árabe). Esta máquina es la que, con modificaciones y tamaño mucho mayor, se emplea en la industria papelera actual; con ella se logra un acabado mucho más perfecto, con la adición de cilindros alisadores y satinadores.

Una variante de la máquina de Robert fue la "máquina redonda" de Bramah (1805), que sustituía la noria de transporte de la pulpa por un tambor colocado dentro de la tina y pegado a la cinta transportadora. El tambor está cubierto con una fina tela metálica o tamiz, y al girar dentro de la tina con

pulpa la absorbe sobre su superficie, transmitiéndola a la cinta; actualmente se hace el vacío en este tambor para que recoga la pasta con más efectividad. El papel realizado en la máquina redonda suele ser menos uniforme que el obtenido en la máquina plana, pero este inconveniente se puede solventar haciendo fluir la pasta en dirección opuesta a la rotación del molde.

Este sistema se usa bastante para producir cartón y muchas de las cartulinas empleadas para dibujo y pintura (cartulinas bristol y de hilo), pues incluyendo varios cilindros se pueden superponer distintas capas de material (normalmente de distinta calidad, según se trate o no de capas interiores) hasta conseguir un grosor considerable.

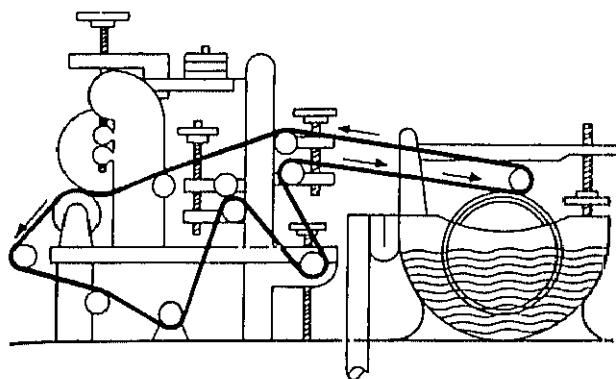


Fig. 15 - Máquina redonda

Otra característica importante de esta máquina es que el tambor se puede dividir mediante alambres según el formato de las hojas, de modo que pueden obtenerse éstas directamente y no en una tira continua; en este caso el papel es aparentemente como el hecho a mano, pues, además de su aspecto barbado, puede imitar la verjura mediante un rodillo

"afiligranador" que deja sus marcas durante la formación del papel. Esta máquina se sigue empleando actualmente para fabricar cartulinas y papeles de calidad que imitan el papel artesanal.

Hoy en día la manufactura del papel comienza con unas operaciones previas, como el **desintegrado** de la pasta papelera para preparar una suspensión de fibras en agua y mezclarlas convenientemente. La suspensión de fibras, una vez refinadas, purificadas y mezcladas, pasa a la tina de máquina de donde se extrae con elevadores o por bombeo hasta la **caja de mezcla** de pasta; allí se diluye con agua en una concentración entre el 0'01 y el 1%. Tanto en la tina de máquina como en la caja de pasta la pulpa se agita con unas paletas constantemente para evitar que se sedimente¹.

Desde la caja de mezcla la pulpa se bombea al **arenero**, conjunto de cajas de sedimentación o colectores, donde se eliminan cuerpos extraños de mayor peso, como la arena; actualmente los areneros se están sustituyendo por centrifugadores de pasta, como el depurador centrífugo.

Del arenero o del centrifugador se pasa al **depurador**, que consiste en un tambor de bronce con rendijas muy finas por entre las que sale la pasta, dejando en su interior las fibras gruesas. En lugar de este sistema de separación, se pueden emplear clasificadores vibrantes o depuradores que actúan a presión.

¹ Es muy importante que la densidad de la pasta quede muy bien regulada en la caja, pues de ello depende la uniformidad del gramaje del papel. La regulación de la mezcla del agua con la pasta puede hacerse a mano, pero normalmente se emplean reguladores automáticos.

Del depurador la pulpa se dirige a la caja de entrada, desde donde se verterá, con una velocidad controlada, sobre la **tela continua** donde se forma la tira de papel¹.

Las actuales máquinas de fabricar papel agrupan sus operaciones en tres tipos de procesos: primero se consigue la **sedimentación** de las fibras en forma de lámina húmeda en la mesa de fabricación (Fig. 16-1), después se elimina parte del agua mediante presión (**presión húmeda**) en la sección de prensas (Fig. 16-2), consiguiendo un lámina más compacta al haber comprimido sus fibras, y por último, en la batería de secadores, se termina de **secar** progresivamente el papel con calor (Fig. 16-3) y se le dota del **acabado final** (Fig. 16-4).

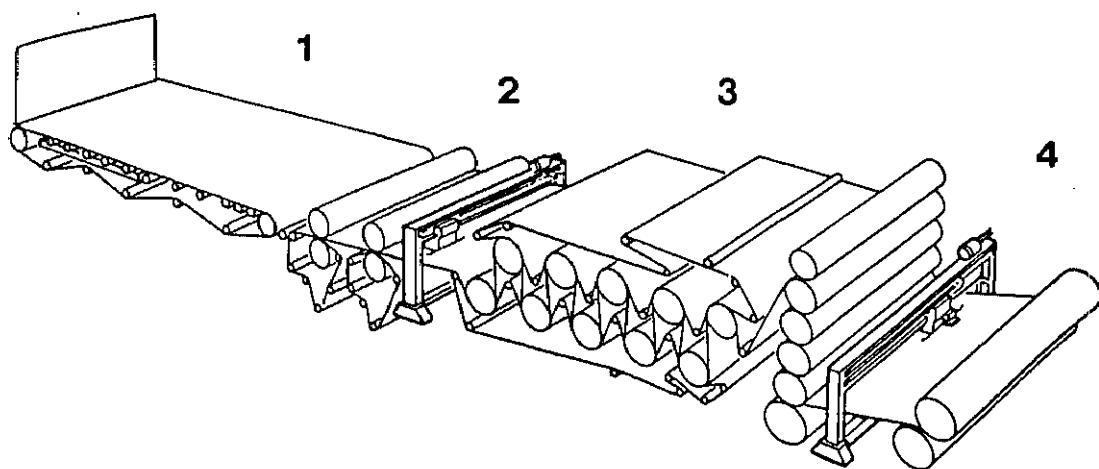


Fig. 16 - Esquema de una máquina de papel

¹ Antes de la formación de la hoja de papel se pueden añadir a la pasta encolantes, colorantes y otros materiales no fibrosos, como cargas de relleno, que serán estudiados más adelante.

Según el papel fabricado, la variación de este tipo de maquinaria puede ser considerable, pero se intentará describir un modelo ideal que abarque la mayoría de los procesos más comunes.

Normalmente, la suspensión de fibras diluidas en agua se vierte a través de la **caja de cabeza de máquina** a la **tela transportadora** o móvil, que forma una superficie plana vibratoria de unos 15 a 42 metros de largo¹. Con las vibraciones se logra entrelazar y mezclar las fibras entre sí, aunque en las máquinas de alta velocidad, el sacudimiento de la tela no es eficaz y se elimina².

Una vez depositada la pulpa sobre la cinta aquella comienza a escurrirse, y se desprende de gran cantidad de agua que arrastra consigo algunas fibras excesivamente cortas³. Para potenciar la pérdida de agua de la pulpa, bajo la cinta transportadora se colocan **rodillos desgotadores** que, a la vez que la sostienen, absorben el agua que pasa entre sus mallas. Un sistema mucho más eficaz que el de los rodillos desgotadores es su sustitución por **reglas rascadoras**, que colocadas bajo la tela formando un ángulo agudo, eliminan el agua que gotea por la cinta. Tras los rodillos desgotadores o las reglas rascadoras se encuentran, bajo la tela, las **cajas**

¹ La tela transportadora está formada por una tira de malla metálica de hilos de cobre, unida por sus extremos y tensada alrededor de unos rodillos que giran en su interior. Los laterales de la cinta están protegidos con unas reglas o correas de goma que impiden que la pulpa se desparrame por los bordes.

² En términos generales, el espesor del papel se regula por la velocidad de la cinta transportadora sobre la que se vierte la pulpa, por la consistencia de la suspensión y por la cantidad de pasta que fluye por la tolva.

³ Toda el agua que escurre entre la tela metálica se llama agua blanca, pues arrastra consigo fibras y sustancias añadidas a la pasta papelera; generalmente este agua se mantiene en un circuito cerrado y se usa posteriormente, aprovechando las fibras que lleva desleídas, reduciendo la contaminación ambiental.

aspirantes, que constan de una bomba de vacío que absorbe el agua y fija la pasta a la cinta⁴.

Al final de la cinta, o entre las cajas de aspiración, se encuentra un primer rodillo superior, de fino tejido de bronce, llamado rodillo desgotador mataespumas; pasa sobre la pulpa e iguala la superficie de la cara superior con la inferior, escurriendo la pasta. Este rodillo puede marcar en el papel una filigrana y un verjurado, llamándose en este caso "rodillo afiligranador".

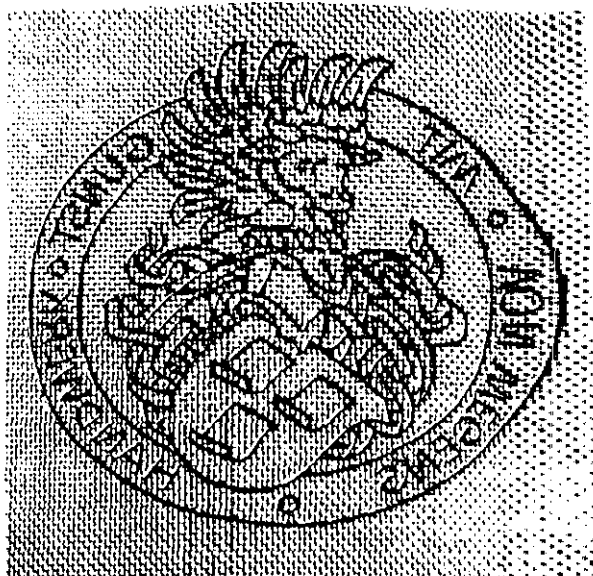


Fig. 17 - Filigrana del rodillo desgotador

Tras esta etapa, en la cual se ha formado una lámina por sedimentación de la pulpa, la tela llega a la prensa manchón, formada por dos rodillos afieltrados superpuestos, uno de ellos elástico, que expulsan el agua de la hoja, dotándola de la suficiente consistencia para que continúe su camino sin necesidad de la tela transportadora, aunque todavía necesitará pasar desde ésta a un fieltro de lana, que la conducirá al conjunto de prensas húmedas².

¹ Existe otro modelo de máquina donde la hoja se forma entre dos tamices de tela metálica en movimiento, de modo que el agua se elimina a la vez por las dos caras (Browning, 1970).

² Modernamente, la prensa manchón está siendo sustituida por los cilindros aspirantes, mediante los cuales se elimina el agua del papel, que es absorbida por unas bombas de aire situadas en su interior gracias a unos dispositivos que provocan el vacío. El papel queda, tras este proceso, con un 75 u 80% de agua.

Antes de finalizar el recorrido de la pulpa sobre la tela, se recortan los laterales mediante unos **tubos rociadores**, que proyectan un chorro de agua sobre los bordes, cortándolos.

La hoja que se está formando adquiere unas características distintas en cada uno de sus lados, según haya estado en contacto o no con la superficie de la tela de la máquina. El lado que ha estado sobre la tela se llama **cara tela o inferior** (reverso), el otro **cara superior**, fieltro o manchón (anverso), pues en su fabricación con lo primero que entra en contacto es con el fieltro del rodillo superior de las prensas de manchón.

La cara fieltro será más uniforme y blanda que la cara tela; esto influye en el comportamiento de los materiales que se le adicionan a la pasta; suele tener mejor encolado, mayor proporción de carga y un teñido más intenso en el caso de los papeles coloreados. Este lado suele ser el mejor para la impresión, aunque para offset se prefiere la cara tela. Cuanto más gramaje tenga un papel y esté más encolado y satinado menor será la diferencia entre ambas caras¹.

La tela de máquina, tras pasar por la prensa manchón o el cilindro aspirante, vuelve al punto de partida, limpiándose de los restos de pulpa que han quedado depositados sobre ella con agua pulverizada a presión.

¹ El lado tela se puede distinguir del lado fieltro observando el papel con una luz de 45° o con una lupa; suelen apreciarse marcas romboidales en la cara tela. Sumergiendo previamente el papel en una solución débil de hidróxido sódico se hacen más evidentes estas marcas. Para mayor información véase UNE 57.056-74: "Determinación de la cara tela y la cara fieltro".

La lámina de pulpa deja la tela transportadora y es recogida por un fieltro que la conduce a las prensas húmedas, donde se elimina el agua mediante presión sin calor. Estas constan de dos o tres series de pares de rodillos en los que el superior es de metal bruñido o piedra, para alisar, y los inferiores de goma¹.

El papel pasa entre los rodillos de las prensas húmedas a una gran presión, por lo que además de secarse por absorción (mantiene sólo un 65 - 60% de agua), gana en densidad, queda más compacto y con una superficie más regular.

El último paso es el secado total mediante calor, se consigue haciendo que el agua se evapore, gracias a los cilindros secadores (cilindros de fundición pulidos), calentados en su interior con vapor a presión; la temperatura de los rodillos va en ascenso, desde un máximo de 82°C del primero hasta 115° que pueden llegar a alcanzar los últimos².

Los rodillos le dan a la hoja cierto brillo, que puede aumentar con los cilindros alisadores y la calandria. Se emplean distinto número de cilindros secadores (en ocasiones más de 30), de diferente clase y con diversa presión,

¹ La hoja es transportada y presionada sobre los rodillos, con fieltros que recogen la humedad. Estos fieltros deben ser de un material muy poroso que no deje huellas sobre el papel, su tejido depende del tipo de papel que se desea fabricar y del lugar en que se encuentran dentro del proceso de secado; suelen ser de lana, pero también los hay de algodón y fibras sintéticas. Para el secado de los fieltros, son necesarios unos mecanismos complementarios, los cilindros secadores de fieltro, que se colocan por encima y debajo del fieltro en su retorno evitando que vuelva la humedad recogida al papel.

² Los fieltros que se encuentran en esta zona de secado deben aguantar las altas temperaturas y ser muy permeables, de lo contrario provocarían la condensación del vapor en su superficie, alterando el acabado del papel. Son comunes los fieltros de lana o los de algodón, mezclados con fibras sintéticas.

según el tipo de papel que se desee fabricar. El papel, una vez finalizado el proceso, suele retener un mínimo del 8% de humedad.

Cuando la hoja sale del último cilindro secador pasa entre los **rodillos alisadores**, unos rodillos metálicos muy pesados que alisan el papel con alta presión. Para lograr un papel fuertemente alisado en máquina se pasa por una lisa húmeda, que se encuentra en el último tercio de los rodillos alisadores, porque para un acabado adecuado el papel debe tener un 15% de humedad¹.

Cuando se desea un alto grado de lisura no basta con el alisado de máquina, es necesario un **satinado**, que se logra con la lisa seca o calandria. Este mecanismo puede formar parte de la máquina de papel continuo, pero en papeles de buena calidad se prefiere el acondicionamiento previo del papel, hasta lograr un grado óptimo de humedad, por lo que se necesita una calandria independiente (también existen calandrias para satinar hojas de papel sueltas).

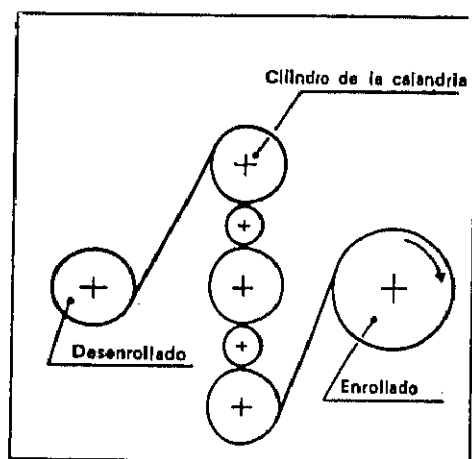


Fig. 18 - Calandrado

¹ Tras finalizar el paso por la batería de secadores, el papel pasa por uno o más cilindros refrigeradores, que enfrían el papel y aminoran la posibilidad de formación de arrugas durante un posterior satinado o en el enrollado. Los cilindros refrigeradores se caracterizan por contener agua fría en su interior, algunas veces este enfriado se complementa haciendo pasar el papel entre el cilindro refrigerador y un fieltro húmedo.

La calandria está formada por varios rodillos pulidos superpuestos, normalmente entre 9 y 11, llegando hasta 18, que terminan de abrillantar y alisar ambas caras de la hoja, una vez enfriado el papel¹.

El grado de lisura del papel depende del número de rodillos con que se calandre el papel y de la presión que se ejerza entre ellos. Los tipos de papel según su grado de lisura son el satinado mate (alisado), el ligero (satinado), el normal (calandrado) y el fuerte (supercalandrado); este último se consigue haciendo pasar dos veces al papel por la calandria.

Cuando se quiere obtener un satinado especial se emplean las calandrias de fricción, en ellas se logra un alto brillo por el rozamiento de los rodillos entre sí².

Tras los diversos sistemas de alisado, la tira de papel pasa a la cortadora, donde se divide a lo largo, según los distintos formatos, por medio de discos de acero llamados cortadores de plato. Finalmente, el papel se rebobina, a no ser que se haya cortado también transversalmente en forma de pliegos.

¹ En la batería de rodillos que constituyen la calandria se alternan rodillos de acero y de papel o algodón, pero en la mitad del recorrido se colocan dos rodillos seguidos blandos (rodillos gemelos), para que la cara del papel en contacto con los rodillos duros no sea siempre la misma. De no ser así sólo se puliría una de las caras, pues la parte de la hoja satinada es aquella que queda en contacto con el cilindro de acero.

² Las calandrias de fricción suelen tener dos rodillos de acero y uno de papel que se coloca entre ambos; el rodillo superior de acero se calienta con vapor y gira a una velocidad mucho mayor que el inferior, el rodillo de papel no tiene movimiento propio y la fricción provocada por la diferencia de velocidad de los rodillos junto a la alta presión es lo que da lugar a un brillo intenso en papeles ligeramente húmedos.

El tipo de alisado al que ha sido sometido el papel influirá en sus características, más o menos aptas para determinadas técnicas pictóricas. Los papeles pueden quedar sin prensar o satinar, obteniéndose un papel áspero y rugoso, de grano muy marcado; pueden prensarse sólo en húmedo (prensado en frío, "C.P." o "no"), para obtener superficies semi-ásperas, o prensarse en caliente, con mayor o menor uso de calandrias, para papeles muy lisos (satinado o "H.P."). Con el satinado se mejora considerablemente la lisura, densidad y brillo del papel¹.

Durante la fabricación del papel, pueden incluirse diversos mecanismos que añaden a la hoja en formación determinados **revestimientos superficiales**; por ejemplo, encolado superficial, colorantes, estucados, etc. Estos mecanismos pueden formar parte de la máquina continua, o ser otras máquinas en las que se introducen las bobinas de papel².

El **encolado superficial** se realiza mediante prensas encoladoras, constituidas por dos rodillos que se sitúan entre las prensas de secado y embadurnan ligeramente la superficie del papel ("size press"). También puede realizarse en una máquina en la que se aplica la cola sobre la tira de papel húmedo por inmersión³.

¹ Se pueden conseguir papeles con brillo o satinado por una sola cara, cuando sólo una de éstas ha estado en contacto con los cilindros secadores pulidos.

² Aunque resulte más caro, para obtener una calidad satisfactoria se suele preferir este último sistema, pues la mayoría de estos procesos requiere una velocidad distinta a la de la fabricación del papel, y aunque la adaptación a esta velocidad es posible, suele ser a costa de hacer concesiones y reformas sobre el proceso ideal de manufactura.

³ En este caso se emplea una cubeta especial, que suele mantener constante la temperatura de la cola. La tira de papel se sumerge a unos 30 cm, después se desarruga con un rodillo; el exceso de
(continúa...)

La aplicación del color puede hacerse de una manera similar al encolado por inmersión, pero suele ser mucho más común emplear un revestidor de rodillos; existen modelos, como el revestidor de moldeo, que también seca y bruñe el papel haciendo innecesario el paso posterior de la hoja por la calandria.

Hay varios modelos para el revestimiento de color en la máquina de papel, estos revestidores pueden ir en la sección del secado, al final de ésta, actuando sobre el papel seco, o antes de iniciar el secado, con el papel en húmedo. Para el secado del color pueden emplearse secadores adicionales con calor o radiaciones infrarrojas.

En el modelo Massey un rodillo alterna el contacto entre la fuente de color (parecida a la de una prensa tipográfica) y el primero de varios rodillos distribuidores, que van pasándose entre sí el tinte hasta que llega al cilindro aplicador que lo distribuye sobre el papel. Un mecanismo paralelo hace que el papel quede coloreado por ambas caras.

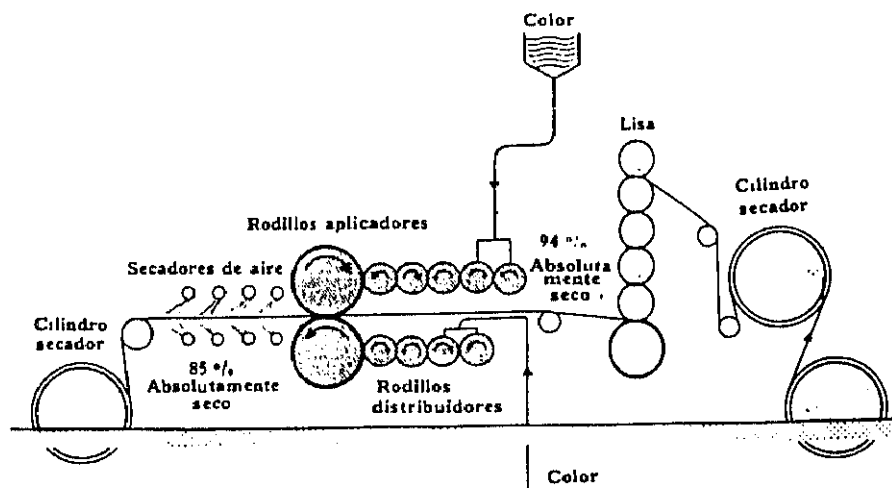


Fig. 19 - Sistema Massey

³(...continuación)

cola se elimina haciendo pasar el papel encolado entre dos rodillos a modo de prensa, el superior está recubierto de goma y el inferior de cobre. El papel se enrolla en húmedo para potenciar la absorción de la cola y posteriormente se desenrolla y se seca con un sistema similar al de la máquina de papel continuo o sobre aparatos tendedores.

En el método de revestimiento offset-rotograbado, el rodillo que recoge el colorante tiene grabados en la superficie de metal; estos se llenan con el color y el exceso se aparta con una cuchilla sobre la que gira el rodillo, de ahí pasa al rodillo de aplicación que es de caucho.

También se puede aplicar el color por exceso sobre el papel húmedo, poniéndolo directamente en contacto con un cilindro inmerso en el color, y eliminando el sobrante, haciendo pasar una rasqueta sobre el papel, que hace retornar el sobrante al depósito. Con este método sólo se puede colorear una cara de la hoja.

Un último sistema, para colorear una sola cara, es mediante pulverización sobre el papel seco. La pulverización la provoca un rodillo estriado que gira a gran velocidad cerca del papel y que está en contacto con otros rodillos distribuidores del color.

El revestimiento del papel con materiales orgánicos (ceras, soluciones gomorresinosas, barnices, etc.) no se puede realizar en la máquina de hacer papel, por lo que el coste de las hojas suele encarecerse más que en el caso de la aplicación de revestimientos inorgánicos.

Las máquinas empleadas para revestir el papel continuo son de muy diversos tipos según el revestimiento, pero en general se basan en los mismos principios que las descritas para la aplicación del color¹.

¹ El modelo más empleado suele ser la máquina para revestir hojas, que realiza el revestimiento en hojas de papel al hacerlas pasar entre dos rodillos y ponerlas en contacto, por una de sus caras, con el rodillo aplicador que gira dentro del depósito donde se encuentra el revestimiento.

El estucado del papel se puede hacer en máquinas donde el papel se desenrolla, recibe el estuco, se seca y se enrolla. La aplicación del estucado pueden ser con rodillos, con rasquetas o con aire ¹.

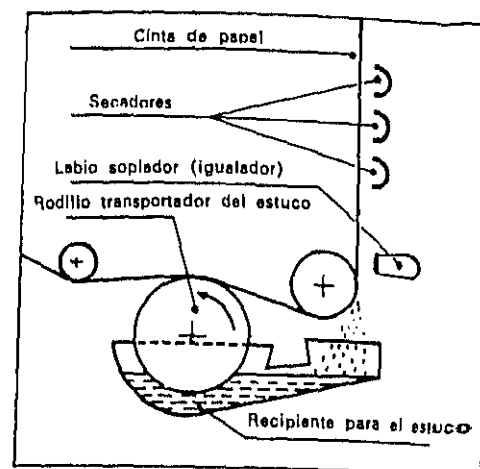


Fig. 20 - Estucado

Las actuales máquinas para fabricar papel son cada día más complejas y de dimensiones mayores (su anchura ha ido aumentando a un ritmo de un metro y medio cada 10 años). Las máquinas mayores pueden medir 10,5 m. de ancho por 100 m. de largo y fabricar 1.100 metros de papel por minuto (Xucá, 1982).

¹ En este último caso un rodillo inmerso en el depósito con la pasta de estucar aplica el estuco sobre el papel, y un chorro de aire iguala la superficie eliminando el estuco sobrante. En el estucado con cepillos o con rodillos se sumerge el papel en el depósito de la masa de estucar, y el estucado se iguala posteriormente con otro sistema de rodillos.

Si se desea el estucado por una cara, se puede emplear la máquina de rodillos y cepillos, que consiste en un conjunto con un rodillo aplicador, como los descritos en el caso de la aplicación del color, y un sistema de cepillos para dar uniformidad a la superficie una vez seca.

2. 3. DIFERENCIAS ENTRE EL PAPEL A MANO Y EL PAPEL CONTINUO

A lo largo de los dos apartados anteriores se ha podido evidenciar que la forma de fabricación de un papel a mano (artesanal) y un papel continuo (industrial) es radicalmente distinta e influye primordialmente en las características del resultado y costes de la producción.

También se ha podido ver como muchas de las características que identifican exteriormente el papel pueden ser engañosas, o pueden "falsificarse" con suma facilidad.

Es importante que el artista conozca las cualidades de ambos tipos de papeles, para poder valorar las ventajas que le puede reportar cada uno, sobre todo teniendo en cuenta la gran diferencia de precios que lógicamente conlleva. También es necesario que sepa cómo diferenciarlos entre sí, para evitar confundir un papel realizado industrialmente con otro artesanal.

Desde el punto de vista de la calidad del papel, entendido como material estable, de alta permanencia y durabilidad, no existe preferencia entre un papel artesanal y otro industrial; lo que realmente resulta determinante son las materias primas empleadas.

Precisamente por los altos costes del papel hecho a mano, la mayoría de los papeles artesanales resultan un auténtico lujo, aunque suelen estar fabricados con materiales de primera calidad. Pero es importante no confundir

el método de fabricación de la hoja con las materias primas empleadas, pues se encuentran en el mercado papeles continuos que pueden haber sido fabricados con los mismos componentes que un papel a mano, y viceversa.

La ventaja primordial que puede reportarle a un artista el empleo de un papel a mano radica en la posibilidad de encargar papeles según sus gustos o necesidades, ya que la industria papelera no atiende esta demanda minoritaria de intereses puntuales.

Sin embargo, es claro que la industria artesanal no puede lograr los acabados y la regularidad de los papeles industriales, por lo que según el uso al que vaya a ser destinado, el papel de tina puede ser inconveniente. Un papel artesanal no puede conseguir algunas de las características que se logran industrialmente (por ejemplo, papeles muy satinados y poco absorbentes), aunque éstas no tienen porqué ser las cualidades necesarias para determinadas técnicas de dibujo o impresión. Al contrario, el aspecto externo de un papel artesanal, y todas sus características, excepto la dirección de fibras, pueden ser logradas con métodos o técnicas industriales.

La principal diferencia entre el papel manual y el continuo es la dirección de las fibras (isotropía). En la máquina de fabricar papel la tela metálica sobre la que se deposita la pulpa circula a gran velocidad, por lo que las fibras tienden a orientarse en dirección del movimiento, es decir, adoptan un sentido longitudinal al movimiento de la tela transportadora sobre la que han sido vertidas.

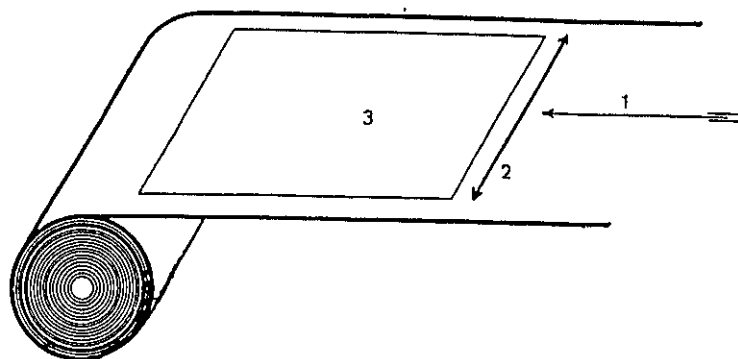


Fig. 21 - Sentido de fabricación:

1, dirección longitudinal; 2, sentido transversal; 3, formato de hoja.

Los papeles a mano carecen de esta característica, pues el movimiento de extracción de la formadora de la tina es ascendente junto a un ligero zarandeo, que distribuye las fibras en todas las direcciones, produciendo el afieltramiento sin que exista un alineamiento preferencial. Esta circunstancia es la responsable de que el papel hecho a mano tenga un comportamiento idéntico en todas las direcciones.

La peculiar disposición de las fibras en el papel fabricado a máquina tiene dos consecuencias fundamentales: la dilatación del papel continuo en una dirección preferente¹ y la diferente resistencia según el sentido de las fibras (en dirección transversal menor en el caso del desgarró y mayor para la tracción, estallido y doble pliegue).

¹ Las fibras celulósicas que componen el papel son un material muy higroscópico, tienden a tomar o perder agua según la humedad ambiental. Las fibras, al absorber agua u otro líquido polar, se dilatan y aumentan su volumen a lo ancho (normalmente un 10% de la anchura de su diámetro), por lo que en un papel donde las fibras adopten una dirección determinada se producirá una dilatación en el sentido inverso a ésta cuando haya un aumento de humedad en el ambiente. Un papel se dilatará a lo ancho si sus fibras están dispuestas longitudinalmente.

El papel artesanal, al carecer de dirección de fibras, ante un aumento de humedad se dilata por igual en todas sus direcciones. Esta cualidad puede ser importante, sobre todo cuando se trabaja con papeles porosos de fibras largas, de especial uso en determinadas técnicas artísticas (aguadas), que son los más propensos a la dilatación. Mientras que un papel continuo al dilatarse forma arrugas transversales, uno hecho a mano se dilata más uniformemente y provocando un menor alabeamiento¹.

No hay que confundir la dilatación de las fibras en todos los sentidos con la estabilidad dimensional del papel, muy buscada para trabajos donde es necesaria una gran precisión (por ejemplo planos). Aunque el papel sin dirección de fibras aminora los problemas de variación dimensional², también se dilata. Para evitar la dilatación lo que se precisa es disminuir la higroscopicidad de las fibras; esto se consigue modernamente con el empleo de fibras sintéticas, cuyo poder de dilatación en húmedo es nulo.

¹ Gerard Martin (1965, 39) sostiene que las variaciones dimensionales del papel continuo no se deben tanto al hinchamiento de las fibras, que quedaría compensado disminuyendo la porosidad del papel, como al estiramiento que provoca la tensión a la que ha estado sometida la hoja durante el bobinado -el papel es un material muy poroso, que puede contener hasta un 60% de aire, un aumento del volumen de sus fibras simplemente disminuiría los poros por lo que no variarían las dimensiones de la hoja-. El secado y alisado rápido bloquea las fibras en una posición que no corresponde a su tendencia natural, y cuando aumenta la humedad, las fibras tienden a relajarse de la tensión sometida orientándose en la dirección opuesta a la formación de la hoja. Esto explica la eficacia de la práctica de muchos papeleros que, cuando buscan un papel de dilatación mínima, lo desbobinan, lo dejan reposar en un ambiente húmedo y vuelven a bobinarlo.

² La superior estabilidad dimensional en el caso del papel a mano frente al papel continuo es debida al sistema de secado tradicional (al aire) que deja que las fibras se contraigan libremente al perder humedad de forma paulatina (Rabal, 1994, 52), al contrario de lo que ocurre en el papel continuo, que es sometido a una gran fuerza de tracción durante el secado.

La **resistencia a la tracción** diferenciada según el sentido de las fibras en un papel continuo, se debe a la mayor dificultad para romper las fibras que para separar, a lo largo, varias unidas entre sí. Si tiramos desde lados opuestos de un papel, será más difícil romperlo si la fuerza se realiza en la misma dirección de las fibras que en la opuesta.

La **elasticidad del papel** también varía en este sentido, el alargamiento de rotura ("estiramiento" del papel antes de romperse) es mayor cuando se rompe un papel transversalmente (en sentido opuesto a la fibras) que longitudinalmente.

Si se quiere comprobar si un papel es continuo o está hecho a mano, la manera más segura es averiguar si tiene **dirección de fibras**¹. Todas sus demás características externas pueden ser imitadas con mayor o menor acierto.

Un papel hecho a mano se caracteriza por tener un **acabado bastante irregular**, sobre todo en lo que respecta al grosor, pero esta característica, en la actualidad, puede depender del esmero con que haya sido fabricada y prensada la hoja y el grado de refino de la pasta papelera empleada.

La **verjura** (corondeles y puntizones) junto con la **filigrana**, es la marca visible que popularmente **identifica el papel hecho a mano**, tanto que el

¹ La dirección preferencial de fibras de los papeles continuos se puede disminuir durante el proceso de fabricación -aunque no eliminar-, manteniendo la caída de la pasta papelera sobre la cinta transportadora a un ritmo casi igual al de ésta, y agitando al máximo la cinta en dirección transversal, para contrarrestar el movimiento longitudinal.

término papel verjurado se suele emplear (incorrectamente) como sinónimo; sin embargo, ya se vió como existen papeles hechos a mano que no tienen filigrana (por ejemplo, todo papel anterior a 1282) ni verjura (por ejemplo el papel vitela), y como estos elementos se pueden imitar en el papel continuo con el rodillo afiligranador durante la fabricación del papel.

Cuando la filigrana se logra en la tela transportadora por un rodillo se llama *filigrana al agua*, legítima o natural, y puede ser clara (si la marca se suelda al rodillo) u oscura (si en el rodillo aparece en hueco). Pero estas marcas, además de con la huella de cilindros, también pueden lograrse con diferentes sistemas: haciendo pasar el papel entre un rodillo de goma dura contra otro de acero grabado (*filigrana a la goma* o *similfiligrana*), empleando una calandria o con una plancha grabada sobre el papel ya fabricado (*falsa filigrana* o *filigrana artificial*) o imprimiendo la filigrana con una grasa especial (*filigrana impresa*).

Los tipos filigranas se identifican fácilmente; las impresas desaparecen o se debilitan con disolventes como el éter, el alcohol o el benceno, las naturales también se distinguen de las artificiales pues las primeras se reavivan con la sosa caústica (Navarro, 1967, 31). En algunos casos también se puede comprobar la veracidad del verjurado o de la filigrana mediante iluminación ultravioleta, pero la verjura de un papel hecho a mano suele evidenciarse al trasluz: las zonas del papel más cercanas a los corondeles son generalmente más opacas que las que se encuentran entre ellos, debido al amontonamiento de la pasta papelera a los bordes del desnivel ocasionado por el corondel en el proceso de extraer la formadora de la tina de abajo hacia arriba. Cuando los corondeles son muy finos no aparece este efecto, cosa que puede dar lugar a confusión.

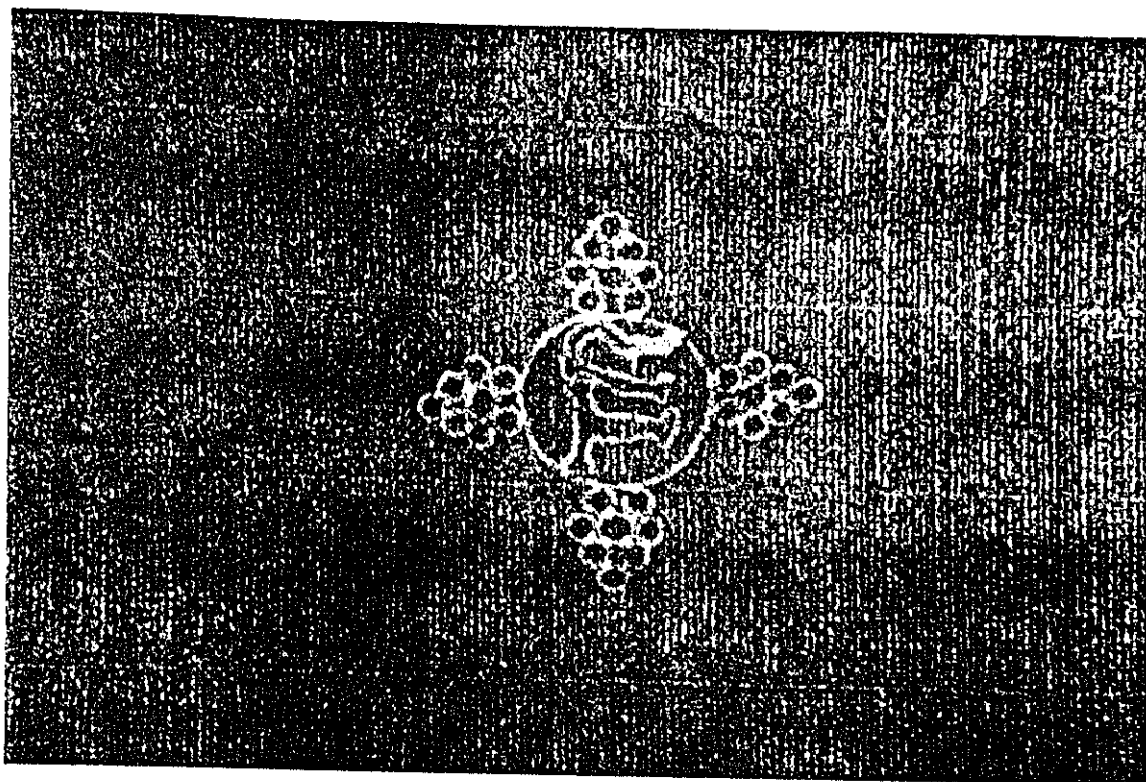


Fig. 22 - Marca de verjura con acumulación de pasta entre los corondeles
(Fot. con iluminación transmitida).

Otra característica que se tiene como propia del papel de tina son las barbas (papel barbado), pero además de que el papel a mano puede haber sido desbarbado o guillotinado, se pueden lograr hojas de papel continuo barbadas mediante la máquina redonda de Bramah, descrita anteriormente, o disparando un chorro de agua sobre los bordes de la cinta transportadora en la máquina plana.

A no ser que se tenga muchísima experiencia, y en muchas ocasiones ni aún así, la única manera fiable de determinar si un papel es o no continuo es mediante el análisis de la dirección de sus fibras.

El análisis de la dirección de fibras puede evidenciarse con lupas potentes o, mejor aún, con aparatos de ensayo que analizan las características físico-mecánicas del papel, pero también existen métodos asequibles en cualquier momento (métodos descritos en la norma UNE 57-043-74: "Determinación de la dirección longitudinal").

Puede rasgarse una hoja de papel en ambos sentidos (Fig. 23), y si uno de ellos ofrece más resistencia o el desgarramiento tiende a torcerse con mayor facilidad, estará indicando el sentido opuesto a la dirección de las fibras. Si no queremos realizar una prueba destructiva, se puede estirar cuidadosamente con las uñas de los dedos índice y pulgar los bordes de una esquina (Fig. 24); si uno de ellos tiende a ondularse en mayor grado que el otro indicará que las fibras se disponen perpendicularmente a él.

Mucho más claramente se evidencia si tomamos dos tiras de igual anchura y longitud de un mismo papel, pero cada una cortada en sentido distinto (Fig. 25). Sujetándolas perpendicularmente y manteniéndolas paralelas entre sí, podremos ver si al soltar una de ellas se curva mucho

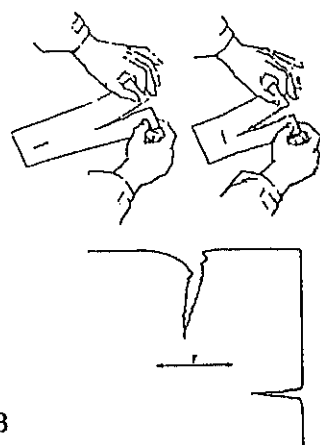


Fig. 23

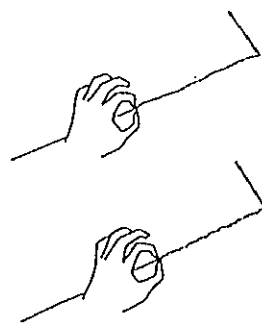


Fig. 24

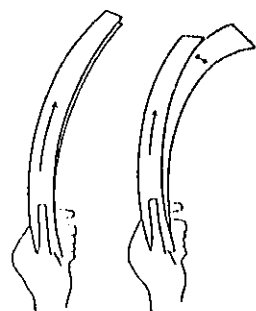


Fig. 25

más que la otra, que tiende a quedarse recta; en este caso la dirección de las fibras es la misma que la de esta última tira de papel.

Humedeciendo un trozo de papel cuadrado y midiendo la dilatación sufrida en cada uno de los lados también podremos averiguar si hay una dirección de fibras preferente: éstas irán perpendiculares al lado que haya aumentado más de longitud. Si simplemente se pulveriza un papel también se podrá ver cómo tiende a enrollarse en el sentido de la dirección de sus fibras (Fig. 26), si es que se trata de un papel continuo.

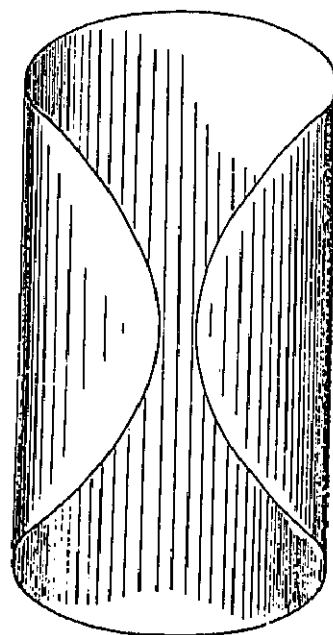


Fig. 26 Dirección de fibras (dilatación)

Los aparatos de precisión que permiten identificar indirectamente la dirección de fibras de un papel son el desgarrómetro, el dinamómetro y el plegámetro (Navarro, 1972)¹.

¹ Todos estos aparatos miden la resistencia del papel: el desgarrómetro simula la acción de rotura por desgarro, y mide la fuerza necesaria para iniciar y continuar la rotura de un papel; el dinamómetro simula la rotura por estiramiento, y mide la rotura por tracción y el estiramiento del papel antes de romperse; el plegámetro simula el doblado continuo en 180° ó 360° , y mide el número de dobleces necesarios para romper un papel. Como todas las medidas que registran estos instrumentos de precisión varían según la dirección de fibras del papel, también sirven para determinar en qué grado las fibras están más o menos alineadas, asegurando que un papel está hecho a mano si no existe diferencia de resultados entre muestras perpendiculares de un mismo papel.

3. MATERIAS PRIMAS QUE COMPONEN EL PAPEL

La definición del papel según terminología papelera: "*Hoja constituida esencialmente por fibras celulósicas de origen natural, afieltradas y entrelazadas*" (UNE 57.003-78)¹, indica claramente que son las fibras vegetales la principal materia prima o elemento constituyente.

De hecho, un papel puede estar fabricado exclusivamente de fibras, normalmente vegetales (celulósicas) y según sea su origen y tratamiento tener propiedades distintas.

En sí, la propia constitución de las fibras vegetales determina el concepto de papel y lo que son sus principales propiedades: higroscopicidad, resistencia al paso del tiempo y a la manipulación, color...; pero estas cualidades iniciales pueden ser modificadas por otros componentes (aditivos, cargas, encolantes, colorantes, etc.) que serán los que terminen de definir las características del producto final.

Obviamente los aditivos modifican la configuración inicial del papel; por ejemplo, el encolado deposita sobre las fibras materias hidrófobas, impidiendo la absorción. Las cargas, al intercalarse entre las fibras, aumentan la opacidad, disminuyendo la resistencia (Navarro, 1970, 211).

¹ Sobre terminología papelera y definición de términos pueden consultarse las obras editadas por la Asociación de Investigación Técnica de la Industria papelera Española: *Investigación y Técnica del Papel* n° 47, 1982, 910 ss y *Diccionario Terminológico Iberoamericano de celulosa, papel, cartón y sus derivados*, 1992.

Así, al hablar de la constitución de un papel tenemos que referirnos a dos elementos básicos; por un lado, el componente principal, las fibras, junto al tratamiento que han recibido para convertirse en pasta (Infra 3.1.) y, por otro, los componentes secundarios, o aditivos(Infra 3.2.), que son los que terminarán de configurar sus propiedades.

3.1. LAS FIBRAS

Aunque un papel puede estar compuesto por fibras de naturaleza animal (seda, lana, etc.), sintética (por ejemplo poliamidas y poliésteres), e incluso mineral (entre otros, vidrio, asbestos), lo habitual es que las fibras que lo constituyen sean de origen vegetal.

La estructura del papel se configura a partir de la estructura de las fibras celulósicas (Smook, 1990, 7) cuyas propiedades son las que a su vez definen las propiedades generales del papel:

- Alta resistencia a la tracción
- Capacidad de adaptación (flexibilidad y conformabilidad)
- Resistencia a la deformación plástica
- Insolubilidad en agua
- Hidrofílicas
- Amplio rango de dimensiones
- Capacidad de enlace
- Capacidad de retener aditivos
- Estabilidad química
- Relativa acromatía (blancas)

Para entender procesos de fabricación, características y causas de alteración del papel, es necesario conocer la estructura de las fibras vegetales. A muy grandes rasgos, podemos decir que están compuestas por los siguientes elementos químicos:

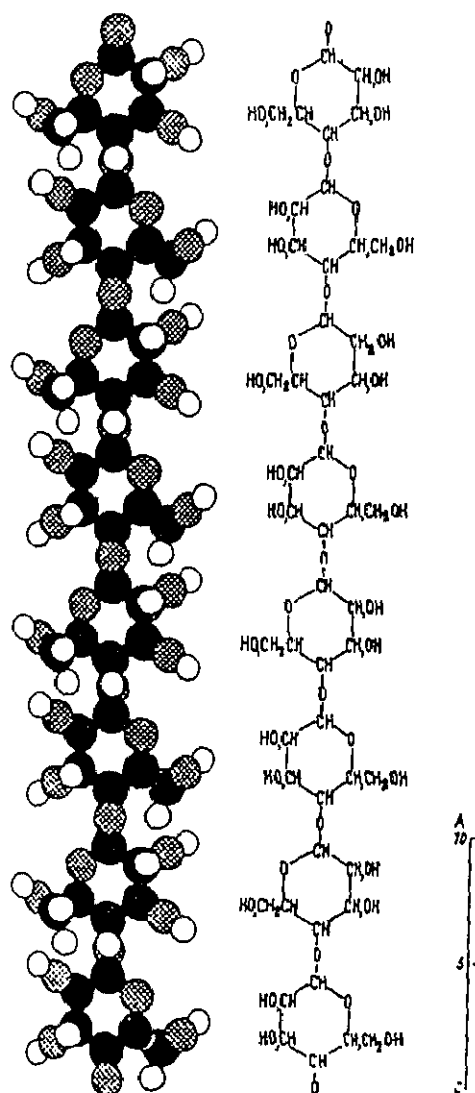


Fig. 27 - Polímero de la celulosa

- Celulosa (30 - 95%): es un polisacárido¹, de naturaleza química muy estable, formado por largas cadenas de carbono, oxígeno e hidrógeno $(C_6H_{10}O_5)_n$. (Fig. 27).
Cuanto más se conserve la estructura de la celulosa, más resistentes serán las fibras.

- Hemicelulosa (5 - 35%): polímero de estructura mas variada y complicada que la celulosa², de cadena más corta y generalmente ramificada. También actúa, por enlaces químicos, como ligante de las fibras. Para obtener papeles resistentes es necesario mantener parte de la hemicelulosa.

¹ Un polisacárido está formado por muchas unidades de azúcar (n) que se repiten formando un polímero. Mediante determinados procesos químicos (hidrólisis) se pueden romper las cadenas que estructuran la celulosa (polímero: $(C_6H_{10}O_5)_n$), haciendo que se transforme en glucosa (monómero: $C_6H_{10}O_5$).

² La celulosa es un polímero formado exclusivamente de glucosa mientras que la hemicelulosa está compuesta por cinco azúcares diferentes además de ácidos urónicos.

- **Lignina** (0 - 30%): sustancia amorfa de estructura química muy compleja. Actúa como ligante de la madera manteniendo las fibras unas junto a otras y proporcionando rigidez a la estructura. Es muy inestable y provoca en los papeles amarilleamiento y acidez por lo que conviene su eliminación.

Otros compuestos menos abundantes son las resinas, grasas, proteínas y sustancias minerales¹.

Respecto a la estructura de las fibras (Fig. 28), podemos decir que están formadas por fibrillas, compuestas de microfibrillas, que en las regiones cristalinas (zonas con agrupación densa de fibrillas paralelas) dan lugar a las micelas. Las fibrillas están constituidas por celulosa (macromolécula), a su vez compuesta por glucosa, que no deja de ser una combinación de carbono, oxígeno e hidrógeno.

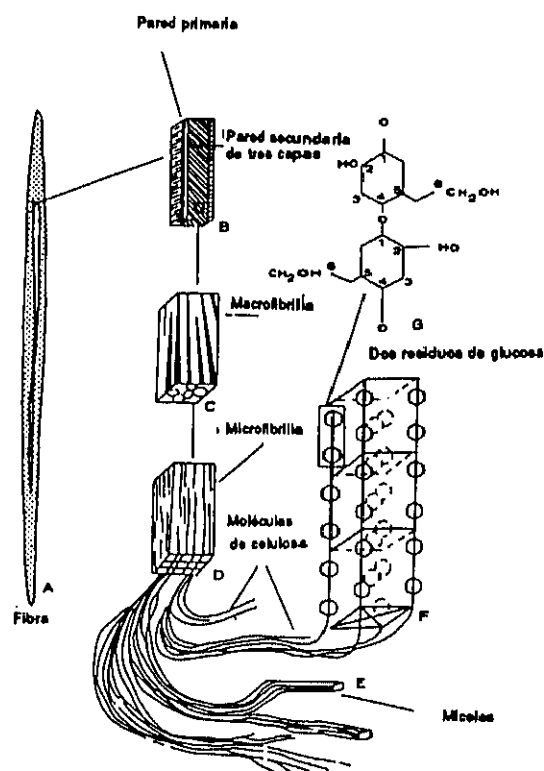


Fig. 28 - Estructura microscópica y submicroscópica de la celulosa

¹ Para mayor información sobre porcentaje de elementos constitutivos según el tipo de fibra consúltase Navarro, 1970, Tablas p 64 ss.

Físicamente hablando, y de manera muy simplificada, en la fibra se pueden distinguir dos niveles (Fig. 29):

- **Capa primaria**, capa exterior donde se concentra la mayor cantidad de lignina, constituida por fibrillas entrecruzadas [En Fig.: P].
- **Capa secundaria**, zona interior, de fibrillas compuestas de celulosa pura y cubiertas de hemicelulosa que, en la zona más gruesa (capa intermedia de la pared secundaria [En Fig.: S₂]) se alinean en sentido casi paralelo al eje de la fibra. En la capa secundaria [En Fig.: S] las fibrillas dejan espacios libres (estructura porosa), entre los que puede haber una pequeña presencia de lignina (Gerard Martin, 1965, 7).

En el exterior de las fibras, cohesionándolas entre sí, se encuentra la lámina media, constituida principalmente por lignina [En Fig.: LM].

Para fomentar la adhesión entre las fibras y lograr un papel resistente, se debe romper la capa primaria (mediante procesos mecánicos, como el refino), liberando las fibrillas internas (fibrillación); al aumentar la superficie de contacto, se fomenta la unión interfibrilar. La eliminación de la capa primaria también permite la hidratación y la absorción de agua hace que aumente la flexibilidad y capacidad de enlace (Smook, 1990, 7).

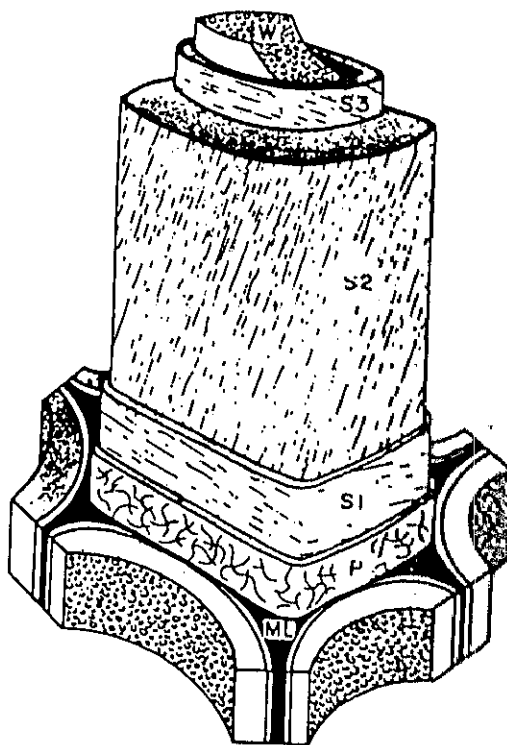


Fig. 29 - Organización de la pared celular

El agua tienen una función trascendental en la unión que se produce entre las fibras, ya que los enlaces se forman por atracción de las moléculas de agua entre sí y los grupos hidróxilo de la fibra. Los grupos hidróxilos libres, debido a esta misma atracción, también son los responsables de la absorción del agua por parte del papel.

Cuando el agua se evapora, la superficie queda unida por lo que se denominan "puentes de hidrógeno"¹. Esta unión química intramolecular e intermolecular es lo que hace que en la fabricación del papel se pueda prescindir de los encolantes, y la simple unión de fibras produzca un soporte altamente resistente.

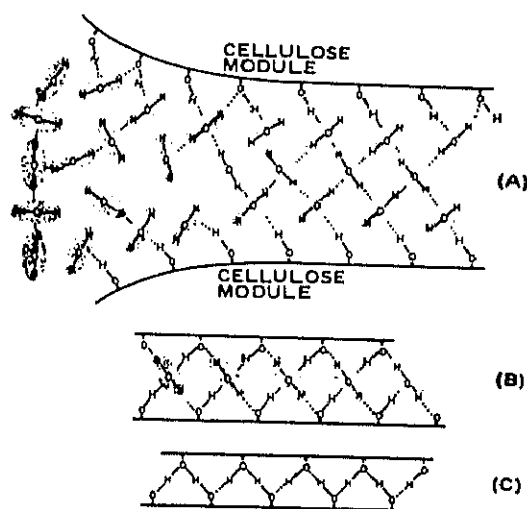


Fig. 30 - Niveles de enlaces de hidrógeno:

A) Débil, a través de moléculas de agua.

B) Más fuerte, a través de una capa de moléculas de agua.

C) Directamente.

¹ Los puentes de hidrógeno se producen cuando un átomo de hidrógeno (carga parcial positiva) se une a un átomo electronegativo de una molécula adyacente, como puede ser el oxígeno (carga parcial negativa) dando lugar a la unión de moléculas distintas.

El porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina varía según el vegetal del que procede la fibra, desde el algodón, constituido prácticamente por celulosa pura (88 - 96%) (CCI, 1986, 1) hasta las maderas, con un alto contenido en lignina (cerca de 30%).

Para la fabricación de un buen papel interesa prescindir de la **lignina** pues, como ya se ha indicado, es un **elemento muy inestable**, que se oxida fácilmente, dando lugar a compuestos coloreados (amarilleamiento) y productos ácidos. Los productos ácidos pueden dar lugar a la hidrólisis de la celulosa, haciendo que el papel se deteriore y pierda flexibilidad.

Las llamadas fibras liberianas (fibras de tallo no leñoso, como el lino) y las fibras textiles apenas poseen lignina en su constitución, al contrario que las fibras de tallo leñoso o fibras lignificadas (madera).

Desgraciadamente, desde la segunda mitad del siglo XIX, la principal fuente de fibras celulósicas para la fabricación del papel proviene de la madera, hasta alcanzar, según Smook (1990, 9) el 93% de los requerimientos mundiales de fibras vírgenes.

Aunque el tipo de fibra puede influir en la conservación según la presencia o no de lignina (amarilleamiento e hidrólisis), este elemento puede eliminarse por completo en los procesos de fabricación de la pasta papelera.

Por otro lado, las propiedades específicas de cada papel dependen en gran medida de la estructura de las fibras que lo conforman, principalmente de

características tales como el espesor de la pared celular¹, la longitud de fibra², etc.

Según la procedencia de las fibras, variarán sus características, y también las de los papeles fabricados a partir de ellas. Esto es bien conocido por la industria papelera, y de hecho se emplean distintos tipos de fibras según el tipo de papel que se desee fabricar; valgan como ejemplo las siguientes anotaciones, que complementan los Cuadros 2 y 3 (Kraemer, 1973, 28 y 36):

Cuadro 2 - Fibras de papel obtenidas por maceración de material leñoso (Kraemer).

Madera o material leñoso	Procedencia	Dimensiones ($\mu = 1/1000$ mm, L = longitud, ϕ = diámetro)	Sustancias	Presencia frecuente en:
Abedul (fig. 21)	Madera de <i>Betula verrucosa</i> .	L = muy variable $\phi = 30-35$ y 100μ	Según el sistema y el grado de la maceración varía en el mismo origen la proporción de lignina y celulosa; desde 10 % lignina y 80 % celulosa hasta prácticamente celulosa pura, hay todos intermedios. La descomposición mecánica, sin maceración, deja en maderas 24-28 % lignina, 40-50 % celulosa y 20-25 % hemicelulosas.	Papeles nórdicos y rusos.
Abetos (fig. 25)	Madera de <i>Picea excelsa</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Pseudotsuga douglasia</i> y otras.	L = $> 0,5$ mm $\phi = 40-60 \mu$		Papeles de toda clase.
Bambú (fig. 16)	Tallo leñoso de muchas especies de la familia <i>Bambusa</i> .	L = > 3 mm $\phi = 20-30$ y $70-90 \mu$		Papeles orientales (duros).
Caña	<i>Arundo donax</i> y otras, bagasa de la caña de azúcar, <i>Saccharum officinale</i> .	L = muy variable $\phi = 20-120 \mu$		Se usa en lugar de maderas en los países que tienen poco bosque.
Chopos (fig. 23)	Madera de varias especies del género <i>Populus</i> .	L = varios mm $\phi = 50-80 \mu$		Papeles de toda clase.
Esparto (fig. 27)	Liber leñoso de <i>Stipa tenacissima</i> y otras especies.	L = muy variable $\phi = 20-30 \mu$		Papeles duros de impresión y papel técnico.
Eucaliptos (fig. 22)	Madera de <i>Eucalyptus globulus</i> y otras especies.	L = varios mm $\phi = 30-45 \mu$		Papeles de toda clase.
Paja (fig. 26)	Tallo leñoso de <i>Triticum aestivum</i> (trigo), <i>Oryza sativa</i> (arroz) y varios otros cereales.	L = muy variable ϕ trigo = $15-20 \mu$		Papeles duros de imprenta y papel técnico.
Pino (fig. 24)	Madera de <i>Pinus silvestris</i> , <i>P. insignis</i> , <i>P. strobus</i> y otras.	L = $> 0,5$ mm $\phi = 40-50 \mu$		Papel de toda clase.
Madera tropical Limba (fig. 30)	Principalmente se encuentra (entre muchas maderas diferentes) en <i>Terminalia superba</i> Engl. et Diels.	L = muy variable $\phi = 15-25 \mu$ y elementos de 100μ		Papeles de origen africano.

¹ Las fibras gruesas dan lugar a papeles abiertos, voluminosos y absorbentes, con alta resistencia al desgarrar y poca resistencia al reventamiento y tracción

² Para que se de una buena unión interfibrilar es necesaria una longitud de fibra mínima. La longitud de las fibras influye en la fuerza del papel, y de hecho es directamente proporcional a la resistencia al desgarrar (Smook, 1990, 16).

1) Fibras de tronco leñoso (madera)

- **Coníferas:** son maderas blandas que proporciona fibras de gran longitud, para papeles fuertes.
- **Frondosas:** dan lugar a fibras más cortas y pastas más uniformes. Su estructura porosa permite papeles con gran capacidad de absorción del agua. En general dan lugar a papeles de baja resistencia a la tracción.

2) Fibras de plantas de tallo no leñoso (liberianas):

- **Lino:** es la fibra vegetal más fuerte, se divide fácilmente en fibrillas. En los papeles proporciona dureza y resistencia al frotamiento; sirve para soportes densos, duros y resistentes (papel moneda y cartográfico).
- **Cáñamo:** parecido al lino pero menos uniforme y con mayor facilidad de desfibrado, es una fibra muy fieltrable.
- **Ramio:** es una fibra muy valiosa, ya que es la que tiene mayor capacidad para dividirse en fibrillas; son largas, delgadas, limpias, de alta blancura, resistentes y de buen poder cubriente. Sirve para papeles finos, duros y poco transparentes, con gran resistencia a la tracción.
- **Paja de cereales (trigo, centeno, cebada, etc.):** fibras de buena resistencia y uniformidad. Proporciona en los papeles buen tacto y carteo.
- **Paja amarilla:** contiene todas las partes incrustantes de la paja, por lo que supone el producto de peor calidad para la fabricación del papel.

- **Bambú:** fibras largas y regulares, proporciona un papel suave y voluminoso.
- **Esparto:** fibra con muy buenas propiedades para papeles de buen volumen y buenas características de impresión.

Muchas de estas fibras (lino, ramio, esparto) además de obtenerse directamente del vegetal pueden provenir de restos textiles.

3) Fibras de frutos

- **Algodón:** es la fibra que tiene mayor contenido en celulosa, por lo tanto la de mejor calidad y más resistente al envejecimiento (CCI, 1). Procede de restos textiles o de los "linters" de la planta del algodón (pelusilla adherida a las semillas). Sus fibras son elásticas y flexibles, pero tienen poca facilidad para dividirse en fibrillas. Proporciona papeles blandos, con capacidad de succión, buena estabilidad dimensional y muy resistentes al paso del tiempo (Keim, 1966, 59).

Desde el punto de vista de la resistencia al paso del tiempo -cuestión fundamentalmente relevante en la orientación de este trabajo- la diferenciación más importante radica en la procedencia o no de troncos leñosos, lo que implica fibras con mayor o menor cantidad de lignina¹.

Pero la presencia de lignina en un papel depende del tipo de fibras empleadas, y de los procesos de elaboración de la pasta papelera que, como veremos, pueden llegar a eliminarla.

¹ Tavera y Molina (1988 y 1989) han realizado estudios mediante envejecimiento acelerado sobre la permanencia de distintas formulaciones fibrosas.

Para poder fabricar un papel ha de procederse a la transformación y refino¹ de las fibras, hasta convertirlas en una pasta. Así, el tratamiento que reciben las fibras también influye en las características del papel, desde su resistencia al paso del tiempo (eliminación o no de la lignina), a su resistencia a la manipulación (grado de refino...), absorción, suavidad, etc.

Según las fibras empleadas en la fabricación del papel hablaremos de papeles de fibras lignificadas (leñosas o madera -Infra 3.1.2.-) y no lignificadas (no leñosas: textiles y liberianas -Infra 3.1.1.-), y según el proceso de obtención de la pasta papelera, de papeles de pasta mecánica, química y semiquímica (Infra 3.1.2.1, 3.1.2.2. y 3.1.2.3.).

¹ El refino elimina la pared primaria que recubre las fibras, permitiendo su hidratación y fomentando la capacidad de enlace.

Cuadro 3 - Fibras Naturales del papel (Kraemer).

Fibra	Procedencia	Dimensiones ($\mu = 1/1000$ mm, L = longitud, ϕ = diámetro)	Sustancias y su porcentaje (calculado sobre 10 % agua, 90 % sólidos)	Presencia frecuente en:
Algodón (figs. 10, 11)	Pelo de la semilla de varias especies del género <i>Gossypium</i> .	L = 10-45 mm ϕ = 12-40 μ	celulosa, 82,5 hemicelulosas y pectina, 5,7 ceniza, grasas, ceras, 0,5	Papel de trapo.
Amatl (fig. 13)	Líber de corteza de las higueras mejicanas, <i>Ficus padifolia</i> y otras.	L = muy larga ϕ = 18-25 μ	celulosa lignina	«Papel» de los mayas y aztecas.
Aralia (fig. 14)	Médula de <i>Aralia papyrifera</i> .	Células de la médula ϕ = 80-100 μ	celulosa, muy variable pectina, 8-11 almidón, 2-7	Papel de «carroz» del lejano oriente.
Cáñamo (fig. 18)	Fibras del tallo de <i>Cannabis sativa</i> .	L = 15-20 mm ϕ = 15-50 μ	celulosa, 67 hemicelulosas, 16,1 pectina, 0,8 lignina, 3,3	Papeles antiguos y papel técnico.
Cáñamo de Manila	Líber de la conexión hoja-tronco del plátano <i>Musa textilis</i> .	L = 3-12 mm ϕ = 20 μ	celulosa, 63,2 hemicelulosas, 19,6 pectina, 0,5 lignina, 5,1	Papeles técnicos, encuadernación.
Kapok «Lana de Bombax» (fig. 9)	Fibras en las cápsulas de <i>Eriodendron aufractuosum</i> , <i>E. heptaphyllum</i> (África occidental) y varias Bombaceae como <i>Bombax malabaricum</i> .	L = 10-40 mm ϕ = 20-30 μ	celulosa, 58-70 % lignina, 3-9 %	Papeles técnicos de calidad.
Kenaf	Líber del tallo de <i>Hibiscus cannabinus</i> .	L = 1-12 mm ϕ = 10-40 μ	celulosa, 55-59 hemicelulosas, 18-20 pectina, 4,5-5 lignina, 12	Papeles técnicos.
Lino (fig. 19)	Líber del tallo de <i>Linum usitatissimum</i> .	L = 20-40 mm ϕ = 20-30 μ	celulosas, 64,1 hemicelulosas y pectina, 18,5 lignina, 2	Papel de trapo.
Moral (fig. 15)	Líber de la corteza de <i>Broussonetia papyrifera</i> .	L = muy larga ϕ = 100-300 μ	celulosa, hemicelulosas, lignina: los porcentajes varían mucho según el procedimiento de la maceración	Papeles orientales.
Rafia	Líber de la epidermis de las hojas de las palmeras <i>Raphia ruffia</i> y otras.	L = 1,5-3,5 mm ϕ = 10-50 μ	celulosa hemicelulosas lignina	Papeles técnicos.
Ramio (fig. 17)	Líber del tallo de <i>Boehmeria nivea</i> y sus subespecies.	L = 120-250 mm ϕ = 40-80 μ	celulosa, 69 hemicelulosas, 13 pectina, 1,9 lignina, 0,6	Papeles de gran tenacidad.
«Ramio» falso	Fibras del tallo de <i>Urera dioica</i> .	L = 25-55 mm ϕ = 30 μ	celulosa, 56-60 hemicelulosas, 10-16 lignina, 12-20	Papeles de gran tenacidad.
Yute (fig. 20)	Líber del tallo de <i>Corchorus capsularis</i> , <i>C. olitorius</i> y otras.	L = 1-5 mm ϕ = 10-25 μ	celulosa, 64 hemicelulosas, 16-17 lignina, 12	Papeles técnicos, encuadernación
Seda natural (fig. 33)	Hilo del capullo producido por la oruga de <i>Bombyx mori</i> (mariposa).	ϕ = 15-20 μ	fibroin, 76 sericin, 17-23 libre de agua	Antiguísimos «papeles» chinos.
Lana (fig. 34)	Pelo de ovejas y cabras.	ϕ = 20-60 μ	ceratina, 95-99,5 casi libre de agua	Antiguos papeles del centro de Asia, papeles técnicos.

3.1.1. La pasta de fibras no lignificadas

Las fibras no lignificadas provienen de plantas herbáceas (fibras liberianas) y textiles, y se caracterizan por su escaso contenido de lignina; pero no toda planta herbácea tiene sus fibras no lignificadas, ya que en algunas, al envejecer, se lignifican los tallos convirtiéndose en lo que comúnmente se denomina cañas o pajas. Esta paja tendrá entonces una elevada cantidad de lignina, propia de las plantas de tallo leñoso, cuyas fibras siempre se hallan lignificadas.

La pasta de fibras no lignificadas constituye la materia prima más apreciada para la fabricación de los papeles de mejor calidad. Su principal ventaja es la resistencia al tiempo, pues envejece de forma más lenta que la de fibras lignificadas, garantizando mayor permanencia y durabilidad de la obra artística. La pasta de papel de fibras no lignificadas puede provenir directamente de plantas herbáceas o tejidos fabricados a partir de estas fibras.

El empleo de fibras obtenidas directamente de los vegetales suele suponer un mayor coste de producción, pues para lograr el desfibrado es necesaria la cocción con productos químicos.

En principio resulta más económico emplear los desechos textiles que, tanto en el caso de trapos viejos como nuevos, no tendrían una aplicación más ventajosa; además, para ser convertidos en pasta papelera, precisan operaciones más simples, basadas principalmente en la limpieza. El único inconveniente del empleo de trapos es la escasez de esta materia prima en relación a la

demanda, lo que contribuye a su encarecimiento y a la búsqueda de fibras vegetales sustitutivas¹.

En China, actualmente, se sigue consumiendo un papel de fibras vegetales, que también se exporta a Europa. Es un papel muy delgado que se encola débilmente, pues al escribir con pincel, los orientales no precisan un papel tan encolado como el europeo. Las fibras del papel chino se obtienen macerando bambú con cal viva y cenizas de paja de arroz² mediante un proceso muy complicado.

Desde China, los métodos de fabricación del papel pasaron a Japón, durante los siglos VI- VII, donde el proceso de obtención de las fibras se fue perfeccionando. En el papel japonés se emplean preferentemente fibras de bambú, de *Broussonetia papyrifera*, kodsu japonés (moral del papel), *Wickstroemia canescens* (Gampi), y la *Edgeworthia papyrifera* (Mitsumata);

¹ Como vimos, el primitivo papel chino (fidaliz), según cuenta la tradición, estaba formado por retazos de seda y de restos textiles, como ropas, redes de pesca, o capazos. Parece que en poco tiempo desapareció el uso de la seda y se incorporaron fibras vegetales como las de la morera (árbol kao-tschou) y el ramio. Prueba de esto son los hallazgos de primitivos papeles chinos, en los que aparece gran diversidad de tipos de fibras en función de la vegetación autóctona de cada zona (bambú, cáñamo, morera, gampi, mitsumata, paja de arroz y ramio). Probablemente el método más primitivo para la obtención de las fibras de papel, exceptuando el fidaliz, fuera la recogida de ramas de vegetal que, una vez cortadas, eran introducidas en la aguas de un río para ablandarlas y poder proceder a su trituración con martillos; como puede verse era un sistema similar a la obtención de amatle precolombino.

² A diferencia de este papel, está el papel chino de arroz, que no es un papel propiamente dicho ya que está formado por la médula del "*Aralia papyrifera*" cortada en espiral. Este soporte es muy apreciado en China para pintar acuarelas y miniaturas, como las que se conservan en el Palacio de Aranjuez en España como regalo imperial chino.

estas plantas dan lugar a fibras muy largas, que tradicionalmente son hervidas con raíces de arroz y véni, que actúan como aglutinante³.

Actualmente, de los brotes de las plantas, se arrancan las cortezas con el líber, se ablandan con agua caliente y raspando se elimina la corteza fibrosa dejando el líber. Este se cuece con cal, o con lejía de cenizas o de sosa, y una vez convertido en fibras, se machaca en unos morteros de piedra, que pueden estar movidos por fuerza hidráulica. Los papeles que se obtienen con estas fibras son muy apreciados para el grabado, por la suavidad y uniformidad de su superficie.

En el mundo árabe, las materias primas empleadas por chinos y japoneses se sustituyeron por otras más accesibles en su área de fabricación del papel, así se emplearon principalmente los trapos de algodón y de lino².

En el mundo occidental, los trapos fueron el primer material empleado para la fabricación del papel, la transformación de éstos en pasta papelera ha evolucionado considerablemente, y en la actualidad se emplean complejos sistemas que reducen el tiempo y trabajo necesarios para su producción. Sin embargo, todavía, aunque en muy pocos lugares, se conservan los métodos

¹ Partiendo del análisis de las fibras de incunables japoneses, Kraemer (1979) considera que el antiguo sistema de obtención de la pasta papelera en Japón no podía ser simplemente por lavado y cocción de los vegetales, pues de este modo no puede obtenerse una celulosa tan pura, sin restos de lignina; pudo ser posible un sistema de fermentación con bacterias (maceración biológica) que, según estampas de la época, podía haberse realizado con estiércol).

² El método de obtención de la pasta papelera consistía en la fermentación de los trapos en agua, su cocción con cenizas de madera, lavado, y desfibrado mediante golpes de palos contra una piedra. Como puede apreciarse, este sistema está muy próximo a la obtención de la pasta papelera en el mundo occidental.

tradicionales de obtención de la pasta papelera, como en el ya citado caso del Molino Papelero de Capellades.

La obtención de la pasta de trapos no varió excesivamente entre los siglos X y XIX, siendo en este último cuando se generaliza el empleo de la pasta de madera. El **proceso completo** consta de las siguientes etapas:

- Recogida y selección de trapos.
- Trozeado.
- Expolsado.
- Lejiado.
- Pudrición.
- Lavado.
- Maceración.
- Bateado.

El proceso comienza con la **recogida** y selección de trapos. Las materias primas más comunes entre el siglo X y el XIX en Europa son los trapos de cáñamo y lino, caracterizados por darle al papel cierta dureza; los trapos de algodón tampoco son extraños y dotan al papel de esponjosidad y buena absorción.

Los trapos más apreciados eran los lienzos blancos y finos de lino y cáñamo usados, pues la tela nueva es más difícil de triturar. Para el papel de peor calidad los trapos de seda y lana se mezclaban con lienzos groseros (papel gris).

La tarea de selección de los trapos la llevan a cabo las escogedoras, que van tomando los trapos separándolos en varios compartimentos, después de eliminar de ellos, con un cuchillo, las costuras y los cuerpos extraños¹.

La gran demanda de papel, unida a la escasez de trapos², hizo que a partir del siglo XVIII tuviera que emplearse trapos de color, que debían ser blanqueados con elementos clorados. Esto sólo pudo ser gracias al aislamiento del cloro, realizado en 1774 por Soheele.



Fig.30 - Escogedoras

Una vez seleccionados, los trapos se cortan en trozos pequeños -trozeado- mediante una cuchilla vertical empotrada en una mesa. En el siglo XVIII comienza a usarse la cortadora de trapos, que agilizará este proceso. En muchos molinos de Francia

¹ Dependiendo del molino papelerero la clasificación puede ir de 2 a más de 10 tipos, pero lo normal es que los trapos se agrupen según su clase en tres cajones: trapos finos (para papel de primera calidad), medianos o entrefinos, y ordinarios (para el papel blanco más grosero). Los trapos que no sirven para el papel blanco (arpillera, lana, seda, etc.) se tiran al suelo y se unen con los restos de costuras gruesas para formar luego el papel de estraza o de envolver. Si se quiere apurar la selección se hacen seis grupos: superfino, fino, costuras del fino, mediano, costuras del mediano y ordinario.

² El problema de la escasez de trapos venía desde antiguo pues ya en el siglo XVI se habían dictado en España disposiciones reales fuertemente proteccionistas, por las que se prohibía la exportación de trapos. Este proteccionismo se acusa también en otros países europeos, como en Francia, donde en el siglo XVII se establecen altas tarifas tributarias disuasorias de la exportación, llegándose a prohibir ésta entre 1697 y 1733, o en Inglaterra, donde en el siglo XVIII estaba prohibido enterrar a los muertos con "vestidura blanca" (La Lande).

y Holanda el cortado de los trapos se realizaba después de haber pasado éstos por el pudridero.

Tras el trozado de los trapos debe ser eliminado el polvo que contienen **-expolsado** o desempolvado-, agitándolos dentro de un recipiente con paredes de rejilla metálica (expolsador o diablo) que gira accionado mediante una manivela.

Para una mayor limpieza se procede al **lejiado**, donde los trapos se mezclan, en grandes tinas, con cenizas, greda o arcilla; mediante este sistema se consigue desengrasarlos e igualar el color.

Del lejiado se pasa al **pudridero**, aquí se introducen en una pila con agua para que, al fermentar con ayuda de las bacterias, se afloje el material fibroso y se destruyan cuerpos extraños y grasas (suciedad)¹.

En algunos casos este efecto de la fermentación se favorece con la adición de cal, lo que contribuye a acelerar el proceso y a una limpieza antiséptica; un exceso de cal ablanda excesivamente los trapos, por lo que en algunas ocasiones los Reglamentos para la fabricación de papel de algunos países prohibieron su uso².

¹ En muchos molinos se prescinde del lejiado y los trapos van directamente al pudridero, a través de una trampilla que los conduce desde la sala de las escogedoras a una cubeta subterránea, donde se vierte agua. En otros, los trapos ni siquiera se pudren en tinas, sino en montones que se remojan y se van removiendo cada cierto tiempo hasta que en ellos aparecen hongos.

² El Decreto del Consejo de Estado francés del 27/1/1739, en su artículo 5º prohíbe "...que se mezcle con el trapo...alguna suerte de cales, u otros qualesquiera ingredientes corrosivos..." (La Lande, 1778, 150).

Los trapos, que ya son casi hilachas, se someten a una corriente de agua, donde se lavan y se eliminan los residuos de los productos empleados anteriormente.

Para que estas hilachas se conviertan en una pasta mínimamente uniforme es necesaria la **maceración**. Primitivamente la maceración se realizaba triturando los trapos con molinos de piedra, pero la manera tradicional consiste en machacarlos en los batanes con mazos de madera, movidos por fuerza hidráulica (de ahí la ubicación de las fabricas de papel en molinos).

Los batanes constan, generalmente, de baterías de varias pilas de piedra, o de madera con una plancha de hierro en el fondo, donde los trapos son cortados, machacados y desfibrados por medio del golpeteo de los mazos o martinetes¹.

A este efecto, los mazos están dotados, en su base, de cuchillas o clavos (mazos de deshilar), de clavos romos para moler y triturar (mazos de afinar) o de superficie plana (mazos de desleir), y suelen disponerse en seis pilas: en las tres primeras se cortan los trapos, en las dos siguientes se afinan, y en la última se deslien².

¹ Cuando este tipo de pilas dejaban de usarse durante un tiempo, las planchas de hierro se oxidaban, manchando el papel que se hacía con ellas. Por esto son preferidas las pilas de piedra, o las planchas de otro tipo de metal.

² Generalmente, en cada tina trabajan tres mazos del mismo tipo, pero de distinto grosor: El mazo cercano a la entrada del agua, "mazo fuerte", es el más ancho, luego está el mazo "de en medio", y finalmente el mazo "endable", que es el más estrecho. Esta desigualdad facilita la circulación de la pasta por toda la tina. Esta disposición de los batanes no es casual, y responde a los lentos avances de
(continúa...)



Fig. 32 - Batanes del Molino Papelero de Capellades

Pero las calidades más regulares de refino se logran con la pila holandesa, cuyo uso se generaliza en el siglo XVIII. La pila holandesa consiste en una pila de metal, cemento o madera forrada de plomo en la base interior,

²(...continuación)

la industria papelera. El intento de mejora de los sistemas de refino de la pasta fue una preocupación constante, esto conllevó una lenta evolución para lograr calidades mejores con fibras más finas y ausencia de grumos. De hecho, no aparecen papeles con una buena textura hasta al menos el siglo XIII en Italia.

Para perfeccionar la fabricación, entre el siglo XII y XIV se añadió a los mazos, de origen liso, clavos cortantes que dejaban la pasta más fina, pero que al cortarla en exceso provocaban la aparición de grumos por el enroscamiento de las fibrillas cortas. Así entre los siglos XVI y XVII se estableció el sistema de dos martinetes, uno con clavos cortantes y otro con clavos romos, que solo aplasta y abre las fibras. Parece ser que es en la segunda mitad del siglo XVIII cuando se establece el sistema clásico de tres martinetes: con clavos cortantes, con clavos romos y lisos (Valla, 1970b).

de forma ovalada, dividida a lo largo en dos secciones por un tabique vertical que no llega a los extremos. En una de las secciones rueda un cilindro recubierto de cuchillas de acero. El cilindro puede acercarse a voluntad, según el grado de refino deseado, contra una platina metálica con otro sistema de cuchillas colocadas paralelamente en el fondo de la pila. La pasta diluida en agua pasa entre los dos grupos de cuchillas y se mezcla y desfibra. Con variaciones mínimas, esta máquina se sigue empleando actualmente en la industria papelera¹.

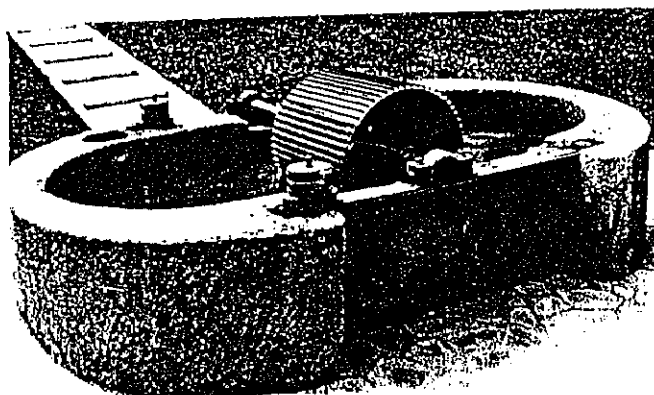


Fig. 33 - Pila holandesa

El tiempo requerido para preparar la pasta papelera es, aproximadamente, la mitad si se usan pilas holandesas en vez de martinetes (de

¹ Al igual que en el caso de los mazos, hay pilas holandesas con cilindros para deshilachar, para afinar y para desleir. Los cilindros de deshilachar se colocan más lejos de la pletina que los de afinar, y éstos, para poder atrapar los trapos por un mayor número de puntos, tienen unas muescas en las cuchillas; sin embargo los cilindros de desleir pueden ser totalmente de madera y sin cuchillas.

ocho a diez horas en lugar de venticuatro o treinta) y además se logra un refino mucho más uniforme.

Una vez obtenida la pasta, con los martinetes o con la pila holandesa, se bate la pulpa **-bateado-** con otro mazo de madera movido hidráulicamente, y se mezcla con mayor o menor cantidad de agua, según el grosor del papel que se desee obtener.

Este proceso de elaboración de la pasta de trapos se realizaba, generalmente, en el mismo molino donde se fabricaban las hojas de papel a mano, pero si no es este el caso, como suele ocurrir hoy en día, o la pasta no se va a emplear en un corto espacio de tiempo (como mucho en menos de una semana) debe almacenarse seca para evitar su putrefacción.

Para almacenar la pasta se vierte sobre los cajones de depósito, que en su base tienen un enrejado para que el agua pueda escurrir. En ocasiones se guarda la pulpa sin afinar, sólo deshilachada.

El primitivo proceso para conseguir pulpa de fibras a partir de los trapos ha evolucionado hacia métodos de mayor nivel de productividad, adaptados a la industria moderna. Actualmente, los trapos se suelen obtener de residuos de tejidos casi siempre nuevos, procedentes de la industria textil y de confección.

Los trapos más usados son los de algodón de las fábricas textiles; son muy apreciados, pues sus fibras son muy tenues y delicadas, de poca higroscopicidad y muy elásticas; dan lugar a una pulpa fina con la que se obtienen papeles blandos, suaves, flexibles y con probada estabilidad dimensional.

El lino y el cáñamo tienen fibras muy parecidas, toscas, fuertes y fácilmente fibrillables; las de cáñamo producen una pulpa espesa que da lugar a papeles muy fuertes y resistentes (sobre todo al doblado) y de cierta transparencia.

Las fibras de ramio, largas y delgadas, son, de todas, las que mejor se fibrilan, producen papeles muy resistentes, y por esto se usan para hacer billetes de banco y papel de impresión.

Cuando se quiere un papel resistente, pero más económico, se emplean las fibras de kenaf y cuando no importa el factor estético, pero sí la fuerza, se usan las de yute, generalmente procedentes de sacos, ya que su blanqueo ofrece dificultades.

Debido a la escasez de trapos, la pasta papelera de este material no se suele emplear pura, sino para mejorar otro tipo de pastas. Según la terminología papelera, para que un papel sea considerado de trapos sólo debe tener una importante proporción de pasta de trapos, cuyo mínimo varía según las normas de cada país; cuando el uso de la pasta de trapos es exclusivo en la formación de un papel, entonces recibe la denominación de "papel sólo de trapos" (Norma Española, UNE 57.003-1978)

En ocasiones se emplean directamente los vegetales de tallos herbáceos no lignificados (lino, cáñamo y algodón), pero entonces el coste del papel se encarece.

En la actualidad, tienen bastante aceptación las "fibras virgo de algodón", fibras cortas adheridas a las semillas de algodón, que no tienen utilidad en la industria textil y que pueden ser aprovechadas para la fabricación del papel gracias a la aparición, en 1973, de la máquina

desmontadora de algodón. Las fibras del pelo de la semilla del algodón al ser casi celulosa pura, sólo precisan un hervor ligeramente alcalino¹.

Un papel hecho con fibras vegetales es el papel alfa, obtenido de las plantas del mismo nombre (*Stipa tenacissima*) y esparto (*Lygeum spartum*). Para transformarlas en pasta de papel se realiza una cocción alcalina de los tallos largos, parecida a la obtención de la celulosa de paja. Dan lugar a papeles muy finos y de superficie muy plana, adecuada para impresos finos.

Otro tipo de fibras vegetales muy apreciadas son las del ramio chino, son casi celulosa pura, muy blancas y fácilmente divisibles en fibrillas y proporciona un papel muy resistente. Al ser muy escasas se emplean mezcladas con otras pastas, principalmente para la fabricación de billetes.

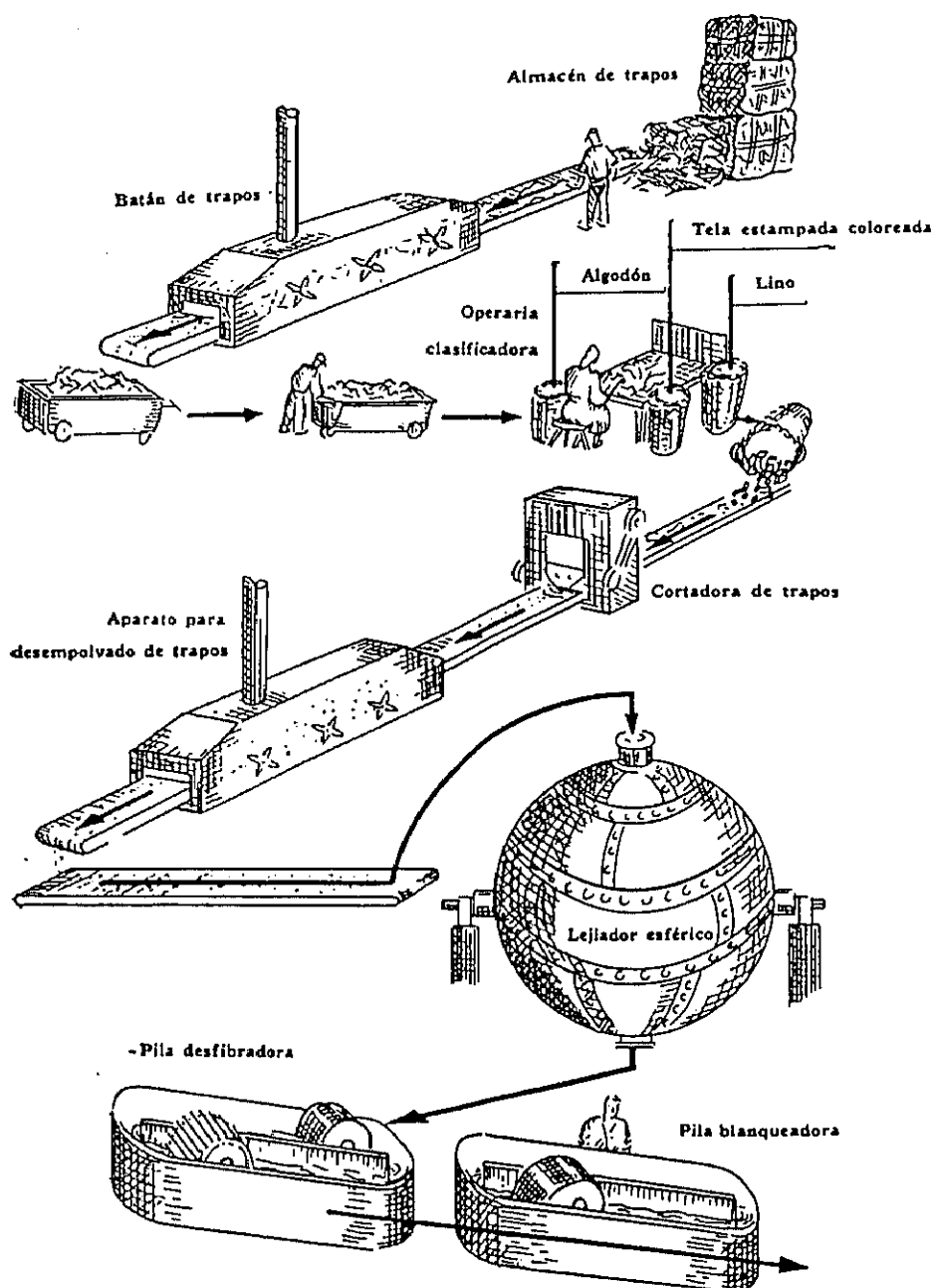
También pueden utilizarse la adansonia (liber del baobab), el papiro, el bambú, la caña de azucar, la caña, la paja de maíz, la paja de arroz, etc., pero, como ya vimos, cuando estas plantas herbáceas, por su envejecimiento, se lignifican, pierden las propiedades que las hacían tan apreciadas y se convierten en plantas de fibra lignificada cuyo tratamiento para convertirse en papel, como veremos posteriormente, es muy similar al de los vegetales de tallo leñoso.

El proceso actual de obtención de la pasta de trapos pasa por las siguientes fases (Fig. 34):

Primer desempolvado de los trapos por medio de un sistema de tambores (sacudidor de trapos, batán de trapos, lobo o diablo) provisto de un mecanismo de aspiración por colectores de polvo.

¹ La celulosa de algodón es de una calidad superior; entre sus ventajas está la de ser mucho más resistente a los componentes ácidos de la contaminación ambiental que otro tipo de celulosas. Su único inconveniente es que resulta económicamente más cara (Zappala, 1991, 140).

Fig. 34 - Proceso moderno de fabricación de la pasta de trapos (Keim)



Clasificación o deslinde, previa eliminación de cuerpos extraños (botones, hebillas, etc.), según clases de fibras, espesor del hilo, coloración, limpieza, estado de uso, etc¹. La mesa sobre la que se realiza la selección de los trapos dispone de una base o rejilla con aspiración para evitar la formación de polvo.

Troceado de los trapos en cuadrados de 5-10 cm. Hay dos tipos principales de máquinas cortadoras de trapos: las punzonadoras, que rompen el trapo mediante punzones, y las cortadoras de cuchillas, donde los trapos se cortan, a modo de tijera, por medio de un rodillo con cuchillas que gira bajo un borde afilado.

Segundo desempolvado con aire comprimido para separar el polvo que han ocasionado las fibrillas de los trapos cortados. El desempolvador, en esta fase, va dotado de un cilindro con púas que intensifica la limpieza mecánica de los trapos. Las pequeñas fibras desprendidas en esta operación se recogen y se emplean para papeles de baja calidad.

Cocción o lejiado: este sistema sustituye a la antigua maceración de la Edad Media, y consiste en la eliminación de la suciedad y la disgregación de las fibras, mediante la cocción de los trapos en unas calderas rotatorias tipo autoclave (hervidores de trapos) con soluciones alcalinas; generalmente hidróxido cálcico en forma de lechada de cal, carbonato sódico, sosa caústica

¹ Según estos criterios, los trapos pueden llegar a clasificarse hasta en treinta tipos, aunque ya vienen bastante seleccionados por el suministrador.

o mezclas de estos productos². Según el tipo de trapos se emplean unas sustancias u otras durante un tiempo determinado que varía entre 5 y 12 horas².

Lavado: después de la cocción, las fibras se lavan dentro del mismo hervidor de trapos, con movimientos giratorios, durante dos horas con agua caliente y una con agua fría. El lejiador vierte los trapos sobre un tamiz, y tras ser escurridos, pasan a la pila holandesa. En la pila holandesa vuelven a lavarse con agua corriente, moviendo la pulpa con su tambor giratorio.

Trituración: se realiza en las pilas holandesas de media pasta, desfibradora o filocho, con ello se logra el desprendimiento y disgregación de los hilos, que se convierten en fibras sueltas de una longitud aproximada de 4 mm. Después de triturados, los trapos vuelven a ser lavados con agua corriente en la misma pila holandesa, para ello la pila está dotada de un tambor lavador.

Blanqueo: en el caso de haber utilizado trapos de color la pulpa se traslada a la pila holandesa de blanqueo, donde se baña con productos

¹ La lechada de cal es el producto más indicado para conseguir este efecto, es más barata, de mayor eficacia limpiadora y estropea menos las fibras; pero el carbonato sódico y sobre todo la sosa cáustica suelen ser más eficaces para la eliminación de las manchas de grasa. El problema de la sosa cáustica es que la suciedad forma una emulsión que queda fijada en las fibras dejando residuos de difícil eliminación.

² Durante la cocción con vapor a presión la suciedad se separa de las fibras, los cuerpos grasos se saponifican y el jabón que se forma por la saponificación de las grasas absorbe la suciedad que podrá eliminarse con un simple enjuague. Las materias colorantes también se ven afectadas, por lo que posteriormente se blanquearán con mucha más facilidad.

clorados³. Las pilas holandesas de blanqueo impulsan las fibras mediante unas hélices, y suelen estar construidas con madera o bronce.

Tras el blanqueamiento, la pasta se enjuaga con agua y se deja escurrir, luego se neutraliza con sulfito, bisulfito, metabisulfito o tiosulfato sódico, o con amoniaco o agua oxigenada. Este proceso de eliminación de los residuos clorados es muy importante, pues si no está bien efectuado el papel amarillea al cabo del tiempo².

Escurreido: una vez finalizado el proceso de obtención de la pasta, se coloca en las cajas de escurrir, que tienen la base de piedras filtrantes, o en la cámara de desagüe, de ladrillos con suelo de baldosas perforadas.

En este estadio del proceso se habrá obtenido una media pasta, de fibras demasiado gruesas para formar un buen papel; para convertirse en una pasta completa deberá ser afinada posteriormente. La media pasta de trapos podrá secarse y almacenarse o mezclarse en este momento con otros tipos de fibras que, también convertidas en media pasta, requerirán un mismo tiempo de refinado. De lo contrario, proseguirá el afinado en otra pila holandesa hasta convertirse en una pasta entera o completa.

¹ Como productos blanqueadores se emplean mayoritariamente el cloruro de cal y el hipoclorito (más caro), aunque para el lino y el cáñamo se prefiere un primer blanqueo con gas de cloro seguido de otro con cloruro de cal.

² La necesidad de emplear, en ocasiones, trapos de color o sucios, que precisan ser blanqueados o limpiados con agentes químicos fuertes, hace que ciertas cualidades del papel de trapos, desde el punto de vista de permanencia y durabilidad, se vean mermadas, ya que los residuos de sustancias químicas fomentan el amarilleamiento y la oxidación de la celulosa (formación de oxixelulosas).

Este efecto no sólo es antiestético sino que también causa el envejecimiento prematuro del papel. Por esto, muchos fabricantes hacen especial hincapié en las características de los papeles de blancura natural y en el hecho de no haber empleado productos clorados o ácidos en su limpieza o en cualquier otro proceso (papeles fabricados en medio neutro).

Pasta entera o completa (afinado): para formar un buen papel no basta con desfibrar los trapos, es necesario que las fibras se abran en sus extremos y se separen en fibrillas, que serán las que luego, al entrelazarse entre sí, den cohesión al papel. Esto se consigue con una nueva trituración de las fibras en la pila holandesa de pasta entera.

Según el tipo de papel que se desee fabricar, el grado de fibrilación deberá de ser mayor o menor, razón por la que se distingue la molienda fina o refinado graso de la molienda basta o refinado magro.

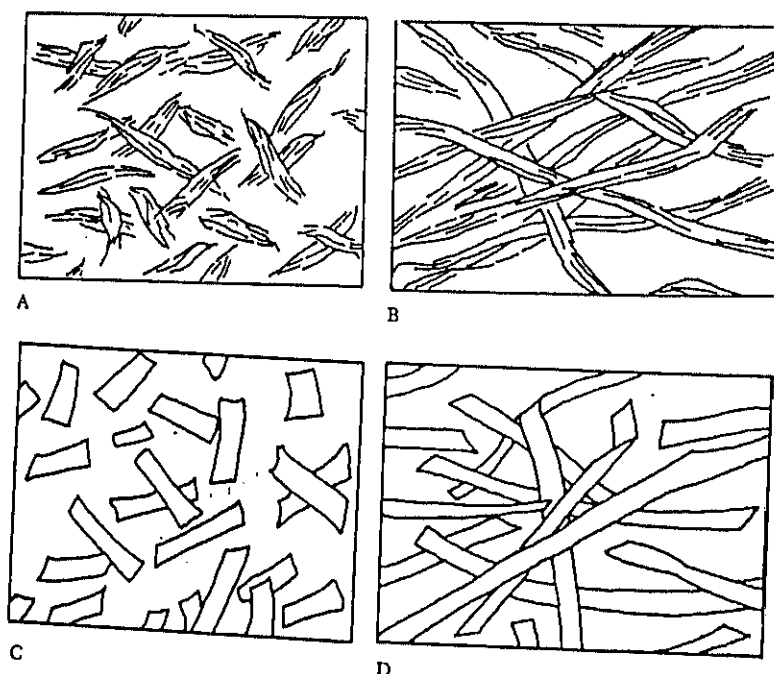


Fig. 35 - Estados de refinado de la pasta de papel:

- A) Refino "graso de fibras cortas"; B) Refino "graso" de fibras largas;**
C) Refino "magro" de fibras cortas; D) Refino "magro" de fibras largas.

La molienda basta se emplea para papeles muy absorbentes, flexibles, blandos y opacos, como el papel secante o algún papel de imprenta o estampación, en este caso las fibras no difieren tanto de la media pasta y lo que se pretende con la pila holandesa es su corte, por lo que se emplean rodillos con cuchillas.

La molienda fina es para papeles con cierto aspecto transparente, resistentes y rígidos; se logra aplastando las fibras, para que produzcan el mayor número posible de fibrillas, y para ello se emplean cuchillas muy romas o de lava, pues no se pretende cortar las fibras sino machacarlas.

Al igual que en el caso de la media pasta, después de finalizado el proceso de maceración, si no se va a fabricar papel en el momento, la pasta se escurre, se seca y se almacena.

Secado: si la pasta no se emplea inmediatamente debe guardarse en seco para evitar su putrefacción y facilitar el almacenamiento. El sistema más idóneo para el secado de la pasta de papel es el centrifugado en máquinas deshidratadoras y el prensado con un prensapastas para un posterior almacenamiento en forma de cartones o bloques de fibras.

3.1.2. La pasta de fibras lignificadas

Como se ha comentado, cuando a mediados del siglo XVIII escasean los trapos se comienza a experimentar con nuevas fibras para la obtención del papel. Se ensayó con algas, plantas vellosas, virutas de serrín, ortigas, carden, piñas, etc. pero no dejaron de ser meros intentos que daban lugar a resultados esperanzadores pero no definitivos (La Lande).

Aunque un antecedente inmediato fue el ensayo de desintegración de paja por medios mecánicos, que conllevó la aparición del primer libro impreso a base de celulosa de paja en 1800, no se consiguieron resultados realmente satisfactorios hasta el empleo de madera como materia prima y la aparición de métodos de desfibrado capaces de convertirla en un elemento apto para la fabricación del papel¹.

La madera abarata los costes, pero proporciona papeles de peor calidad que los de pasta de trapos. Este problema se ha podido superar, aunque sólo en cierto modo, al eliminar, mediante procedimientos químicos, sustancias nocivas que acompañan a la celulosa de madera (lignina). El tipo de pulpa obtenida mediante estos métodos se denomina pasta química, a diferencia de la pasta

¹ Este avance revolucionario en la industria papelera data de 1843, cuando el alemán Keller patentó el desfibrado de la madera por medio de la abrasión de una muela y agua (pasta mecánica) y aunque en principio la pasta de madera sólo se empleará como carga de relleno para mezclarla con la pasta de trapos, poco a poco llegó a sustituirla como materia prima principal. La desfibradora de madera se dio a conocer comercialmente en 1852, en 1867 se presentó en la Exposición Mundial de París y en 1870, cuando se instala la primera máquina de este tipo en España, ya era un sistema generalizado en la industria papelera.

mecánica, que procede simplemente de troncos desfibrados por métodos abrasivos.

Hoy en día la madera es la materia prima más empleada para la fabricación del papel (95%, según Browning, 1970); los árboles más empleados son las coníferas -picea, pino, abeto, etc.- y algunos de hoja caduca como el álamo, eucalipto, chopo, haya, entre otros¹.

Pero la madera se está convirtiendo en un bien escaso y se plantean problemas ecológicos; actualmente se tiende al empleo de especies de crecimiento rápido, como las plantas anuales y las maderas frondosas (castaño, abedul y eucalipto); también se fomentan las investigaciones sobre la genética del árbol, para aumentar su rendimiento².

Existen grandes diferencias en la forma de obtención y en las características de los distintos tipos de pasta de madera, aunque todos ellos tiene unos procesos comunes:

¹ Para la fabricación de papeles fuertes se prefiere el empleo de coníferas, pues sus maderas blandas proporcionan fibras de mayor longitud; generalmente las fibras de los árboles de hoja caduca son menos largas y resistentes, entre estos el álamo proporciona fibras cortas y blandas y la haya fibras cortas y duras. Para la pasta mecánica se emplea sobre todo picea y para la química picea, abeto, pino, haya y álamo.

² El problema es que la madera de crecimiento rápido da lugar a papeles de peor calidad que la de crecimiento lento, y esto se constata incluso en ejemplares de la misma especie cultivados en climas distintos. Además, la celulosa de las maderas frondosas tiene fibras cortas, por lo que ocasiona papeles poco resistentes a la tracción, aunque esta característica se aminorar si la madera se somete a un proceso químico alcalino.

La madera puede provenir de aserraderos (tablas o similares), pero lo más frecuente es que llegue en forma de troncos que deben ser descortezados antes de iniciar cualquier sistema de transformación en pasta papelera¹. Cuando la madera está descortezada se convierte en pasta de madera mediante los citados sistemas químicos o mecánicos².

El blanqueo se efectúa con productos que decoloran por oxidación, estos oxidantes deben ser baratos y no degradar excesivamente la celulosa, comúnmente se emplean productos clorados. Es importante destacar que aunque el blanqueo mejora la calidad estética de los papeles, cualidad muy importante para la realización de obras artísticas, tiene el inconveniente, como se explicará posteriormente, de poder degradar las fibras, afectando a su futura conservación.

Después de obtener la pasta de madera, se deseca y empaqueta o se mezcla y se refina igual que se vio en el papel de trapos.

¹ Para este fin pueden emplearse las descortezadoras mecánicas, que constan de un disco con cuchillas sobre las que se presiona el rollizo, pero cada vez su uso se restringe más pues se desperdicia la mejor parte de la madera. Por esto se prefieren los tambores descortezadores, en los que se introduce la madera con agua y, al rotar, la corteza se desprende por la fricción de los troncos entre sí y contra las paredes del tambor, que van provistas de perfiles de hierro, a la vez que los desperdicios se eliminan con chorros de agua. En algunos casos, sobre todo para troncos pequeños, se puede usar sólo el agua a presión para conseguir el descortezado.

² En ambos casos la pasta obtenida puede ser demasiado oscura para fabricar determinado tipo de papeles por lo que suele procederse al blanqueo. La eliminación de la corteza es importante, pues de lo contrario se obtendría un papel más oscuro, irregular y cargado de impurezas.

3.1.2.1. La pasta de madera mecánica.

La pasta mecánica es escasamente empleada en la fabricación de soportes de dibujo y estampación, debido a su mínima resistencia al paso del tiempo, sobre todo en presencia de la luz, pero hoy en día muchos artistas, en busca de nuevas formas de expresión, no dudan en emplear soportes de cartón basto.

La mala calidad de la pasta mecánica se propicia tanto porque conserva todos los elementos naturales de la madera, entre los que se encuentran sustancias nocivas para la conservación del papel (hemicelulosas, resinas, y sobre todo lignina), como porque, debido a los sistemas de desfibrado, sus fibras son cortas, irregulares, quebradizas y duras, además de amarillear muy fácilmente y tener un color crudo propio de la madera que, en muchos casos, obliga a su blanqueo.

Pero el papel de pasta mecánica es muy barato, de buena absorción y opacidad, es suave y voluminoso y se puede emplear para la toma de apuntes rápidos en los que no existe ánimo de una futura conservación.

La pasta de madera puede ser blanqueada o cruda; con la **pasta cruda** se fabrica papel manila, de estraza, de periódicos, cartón, etc., y si se muele fina también sirve para papel de libros, pues tiene buen brillo y proporciona hojas opacas muy aptas para impresión. La **pulpa blanqueada** se emplea principalmente para libros baratos, en este caso el aspecto estético es mejor, y también se logra un papel opaco con muy buenas cualidades para la impresión, pero su resistencia queda bastante disminuida por la acción degradante de los blanqueadores.

La coloración de la pasta no sólo depende del blanqueo, sino también del tipo de madera empleada; se puede obtener una pasta bastante blanca sin recurrir al blanqueo, empleando la madera del falso abeto (pasta mecánica blanca); esto es muy importante a la hora de referirse a dibujos y estampaciones, ya que aunque el papel de pasta mecánica resulte inadecuado para fines que requieran mínimamente perdurar a lo largo del tiempo, al menos prescindiendo del proceso de blanqueo se habrá eliminado una de las posibles causas de alteración de este soporte.

El proceso de obtención de la pasta mecánica pasa por las siguientes fases:

- **Secado de los rollizos de madera** durante un año, ya que la calidad de la pasta mecánica depende en gran parte del grado de secado de la madera, además de su tipo y edad.
- **Limpieza**, mediante la eliminación de la corteza y nudos de la madera¹.
- **Serrado** de los troncos en trozos acordes al tamaño del desfibrador.
- **Lavado** con agua corriente para eliminar barro u otros residuos molestos.
- **Desfibrado** de los troncos, por abrasión en presencia de agua, contra una muela de arenisca, cemento, alúmina, carborundo, etc.

El desfibrado es la etapa que caracteriza la obtención de la pasta mecánica frente a otros tipos de pasta de madera; se realiza con prensas que

¹ El descortezado se puede llevar a cabo con descortezadoras, en tambores descortezadores o a mano, con hachas y cuchillas, este último procedimiento es más caro pero se aprovecha más la madera.

empujan los rollizos contra una muela estriada que gira a gran velocidad, esta muela está instalada dentro de un tambor o caja de fundición y bajo ella hay un pozo donde cae el producto molido, conducido por el agua, que continuamente se vierte para arrastrar la pulpa, y evitar que se apelmace. Este modelo básico o molino primitivo está superado por los molinos con cámaras y los molinos de almacén; los molinos de cámaras¹ se emplean hoy en día en pequeñas empresas, al contrario que los molinos de almacén², que sirven para desfibrar grandes cantidades de madera.

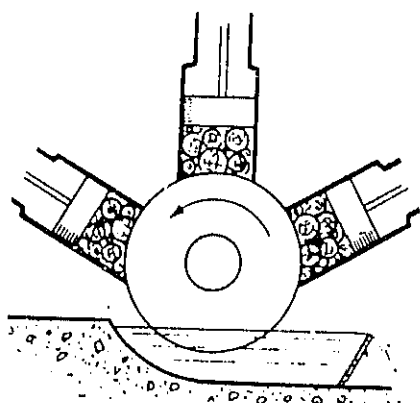


Fig. 36 - Desfibrador de cámaras

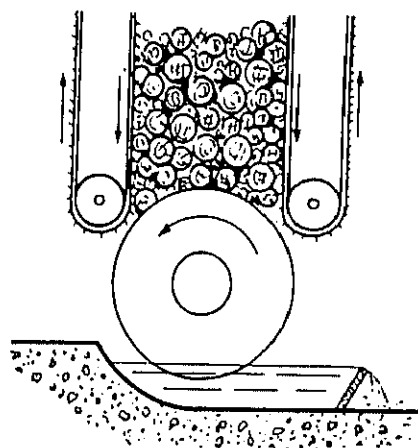


Fig. 37 - Desfibrador de cadenas

¹ El molino de cámaras funciona con unas tres o cuatro cámaras anexas, situadas de forma radial a la caja exterior en la que se encuentra la muela, en estas cámaras se depositan los troncos que mediante martinetes hidráulicos son presionados contra la muela, que suele medir unos 130 centímetros de diámetro con una anchura útil entre 60 y 120 cm. Los troncos se depositan paulatinamente en cada una de las cámaras, de modo que siempre hay una vacía que se está cargando, mientras que en otra se está acabando el proceso de desfibrado.

² En los molinos con almacén se emplean muelas más grandes, con un diámetro entre 150 y 170 cm y una anchura útil de 120 cm; sobre la muela se coloca un gran depósito, en el que se vierte directamente la carga desde el almacén, y los rodillos se presionan contra la rueda mediante el mecanismo anterior de martinete hidráulico. Una variante de este sistema son los desfibradores continuos, donde la presión se realiza con cadenas de alimentación, cuyas paletas van aplastando los troncos contra la superficie de la muela, con este método se evita la interrupción del desfibrado, al tener que levantarse los pistones para cargar los troncos una vez desfibrados los anteriores.

El tipo de molino que se emplee para el desfibrado de los troncos no influye en las características de las fibras obtenidas, sólo supone una diferencia de coste por su mayor o menor rendimiento. La pulpa conseguida está en función del tipo de estriado de la muela, de la velocidad a la que gira, la presión, la temperatura y la alimentación del agua; dependiendo del proceso las fibras serán más cortas y finas o más largas y gruesas, con mayor o menor cantidad de astillas¹.

La pasta de madera conseguida con cualquier método de desfibrado que emplee una superficie abrasiva, como por ejemplo una muela, se denomina "pulpa mecánica de desfibrador" (Norma Española UNE 57.003-78)

- **Separado de astillas;** al caer la pulpa sobre el separastillas, tamiz o criba vibratoria o con aspiración, quedan atrapadas las astillas más gruesas y los pequeños trozos de madera, que vuelven al desfibrador. Para conseguir un papel de superficie uniforme es necesario que la pulpa que lo conforma sea lo más homogénea posible, lo que se logra eliminando todas las irregularidades de un desfibrado imperfecto, para ello no sólo basta con separar partes tan gruesas como las astillas, sino que hay que conseguir una pulpa fina, exenta de grumos e imperfecciones; de lo contrario no sólo se verá resentida la estética, sino que se pueden ver afectadas gravemente las cualidades de impresión del papel, al quedar puntos con diferente dureza y permeabilidad.

¹ Si durante el desfibrado se emplea poca agua y se reutiliza, se alcanza una temperatura de unos 30-40°C, de este modo se obtiene una pasta mecánica grasa desfibrada en caliente. Esta es una pasta fina con 70-80° SR, con muchas fibras desfibradas en sus extremos y fieltrable. Por el contrario, la pasta mecánica magra producida en frío, es decir, con más agua, da lugar a una pasta gruesa de unos 50-60° SR, poco fieltrable, lo que viene a traducirse en un papel menos fuerte (S.R. -Grados Shopper: medida de refino de las fibras).

- **Clasificación de la pulpa;** en los clasificadores se logra la homogeneidad de la pulpa; para esto la pasta de madera se introduce en un cilindro perforado en cuyo interior hay también planchas perforadas, sobre las que se impulsa la pulpa mediante el movimiento centrífugo y la impulsión de unas paletas que giran en el interior. La pulpa fina pasa a través de los orificios y sale del cilindro para llegar a las instalaciones de espesado, y la materia más grosera queda en el interior para luego ser descargada y llevada al refinador¹. Con este proceso se eliminan las molestas imperfecciones que pueden quedar en la superficie de un papel, afectando a la estética del conjunto o dificultando una buena estampación².

- **Blanqueo,** si se desea una pasta de mayor blancura. El blanqueo de la pasta mecánica suele hacerse con agentes reductores o con peróxidos, por lo que no se logra una blancura intensa sino sólo un abrillantamiento de la pasta.

- **Espesado,** en espesadores de tambor donde la pulpa se seca hasta dejarla con un 4% de humedad. Si la pasta se va a usar en el momento se transporta a la pila holandesa, si se quiere almacenar pasará al prensapastas.

¹ Las partes gruesas que quedaron atrapadas en el clasificador se pueden volver a refinar. El refinador puede ser un molino con dos piedras horizontales, o un refinador cónico o de discos. Una vez refinada la pulpa vuelve a los tambores de clasificación.

² En ocasiones, en lugar de emplearse troncos de madera para la obtención de la pasta mecánica se emplean residuos de madera, como las astillas y el serrín, que pasan directamente al refinador para convertirse en pulpa; en este caso el producto obtenido se denomina "pulpa mecánica de refinador" (Norma Española UNE 57.003-78).

- Mezcla de la pasta mecánica, en la pila holandesa, con otras pastas y elementos (cargas de relleno, encolantes, colorantes, etc.), para que adquiriera las características adecuadas para fabricar un papel determinado.
- Prensado de la pulpa, cuando en lugar de fabricar el papel directamente se almacena para un posterior uso. El prensado se realiza en la máquina prensapastas, donde mediante un mecanismo similar al de la fabricación del papel continuo la pulpa se transforma en cartones para su almacenamiento. En este caso lo que se obtiene es un rollo que se corta en hojas, las hojas se prensan en una prensa hidráulica y finalmente se embalan.

Con la pasta mecánica se obtiene un rendimiento de la madera próximo al 100%, pues mediante este proceso lo único que desaparece de la madera es una parte insignificante que corresponde al material hidrosoluble; sólo se aprecia una pérdida palpable en la pequeña parte de madera que se desecha (astillas) al quedar atrapada en los tamices, por lo que el porcentaje de rendimiento varía en función del tipo de pasta o, más concretamente, de su fineza.

A pesar de la escasa calidad de la pasta mecánica se logran papeles aptos para la impresión, según el tipo de tratamiento de la pulpa, pero siempre teniendo en cuenta que, aunque sus cualidades visibles sean buenas, su calidad se resentirá con el paso del tiempo. Se pueden obtener papeles para impresión artística empleando madera de falso abeto de crecimiento lento, convertida en una pasta finísima al tratarse en el desfibrado con muelas de grano muy fino y seleccionada en clasificadores de 0,6 mm.; si se emplea madera densa de falso abeto con muelas finas y clasificadores con agujeros de

0,8 mm. se obtiene una pasta mecánica fina, apta para papeles de impresión de buena calidad y papeles de escritura; una madera buena de falso abeto desfibrada con piedras de grano medio y clasificada con agujeros de 1,1 mm. da lugar a una pasta mecánica normal, apta para la impresión en rotativas. Los demás tipos de pasta de madera, más groseras y pardas, son de calidad ínfima y no tienen ninguna aplicación en el mundo del dibujo o de la impresión.

Debido al constante encarecimiento de la madera, cada vez se está utilizando más la **pasta mecánica para mezclarla con pastas químicas y aumentar el rendimiento** por lo que no es extraño que dicha materia prima aparezca en cierto porcentaje en algunos de los papeles empleados con fines artísticos. Evidentemente esta circunstancia estaría acortando el periodo de permanencia y durabilidad de la obra de arte.

Actualmente se ensayan métodos de producción cada vez más rentables, como las **pastas de rendimiento ultraelevado CTMP (pasta químico-termo-mecánica)** con las que se obtiene una resistencia a la ruptura similar a la de la pasta química con un rendimiento superior al 90% del peso de la madera seca. Pero aunque la resistencia a la tracción se vea igualada, esta característica nada tiene que ver con la vida de los papeles fabricados con dicha pasta, que al **mantener las sustancias nocivas de la madera, sobre todo la lignina, no guardan las mínimas condiciones deseables para la permanencia de una obra.**

3.1.2.2. La pasta de madera química

Para paliar el problema de la lignina y obtener métodos de desfibrado más adecuados, aparecen las llamadas "pastas químicas". Con este sistema se sustituye el desfibrado mecánico de la madera por su desintegración bajo presión y a elevadas temperaturas (140-180°C), con un licor de cocción que desfibra y ablanda la madera al disolver sus materias incrustantes o cementantes (lignina).

El papel obtenido con este tipo de pastas será de una calidad superior al papel de pasta mecánica pues, aunque fabricado también a partir de la madera, al eliminar de ésta sus factores nocivos, se puede obtener una celulosa bastante pura, con la que se logran condiciones de permanencia y durabilidad aptas para las obras artísticas. El único problema que plantean estas pastas es la necesidad de incorporar productos clorados si se desea una blancura determinada, con lo que al mejorar el factor estético puede mermar la calidad del soporte.

El empleo de diversos productos químicos para el desfibrado de la madera da lugar a dos procesos diferentes en la obtención de la pulpa: alcalino y ácido. En general, las pastas obtenidas por procesos ácidos ofrecen menor resistencia al tiempo que las pastas de proceso alcalino, debido a los efectos nocivos de los residuos de los productos químicos empleados en su manufactura.

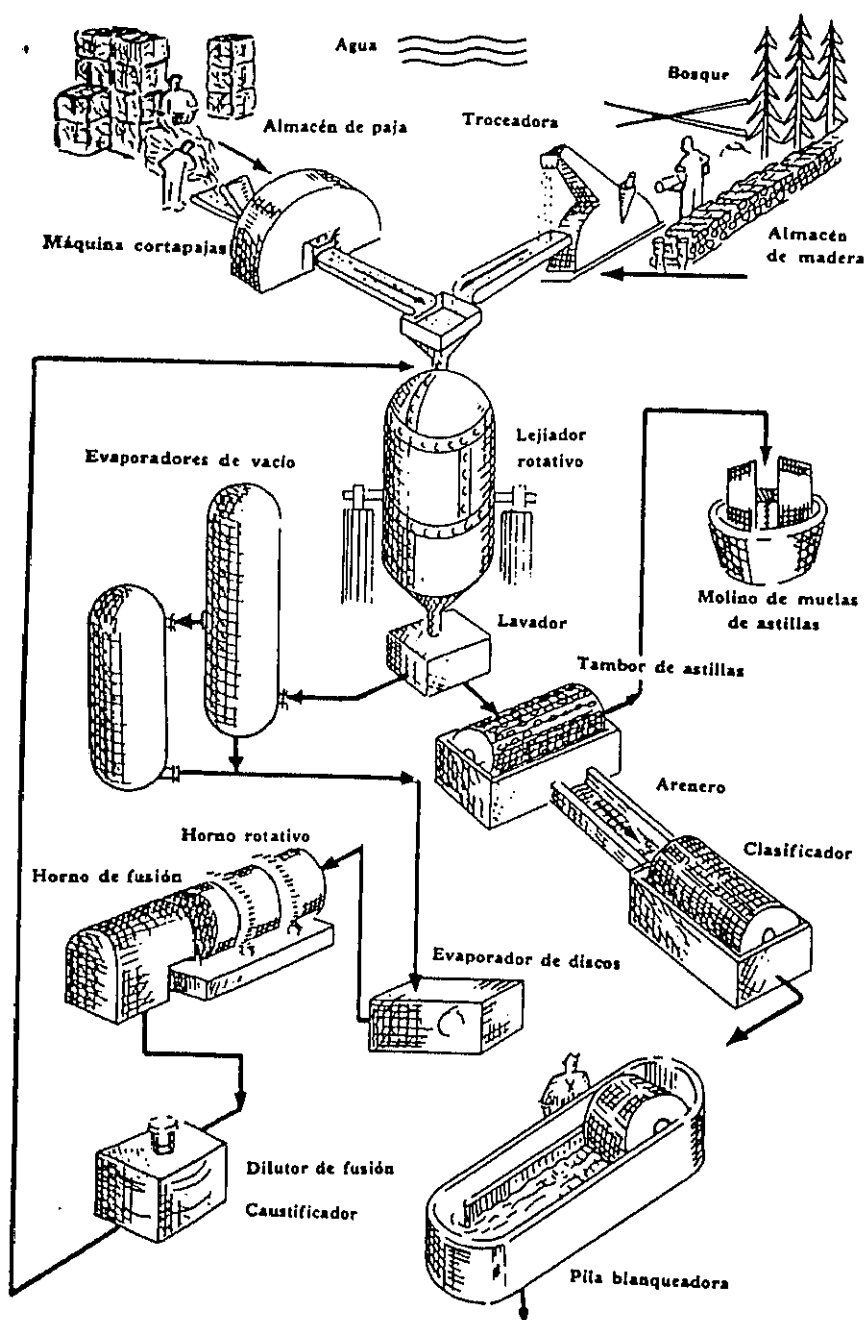
Los procesos químicos poseen en común los siguientes pasos:

- Descortezado de los rollizos. Se realiza igual que en el proceso de obtención de pasta mecánica.
- Cortado de los troncos en rajas de unos 2 cm, mediante máquinas cortadoras¹.
- Cribado de los trozos de madera, en cribas rotatorias o de agitación horizontal².
- Los trozos de tronco guardados en el almacén pasan, mediante una cinta transportadora, al leñador o digestor.
- Leñado o cocción con los productos químicos en calderas de presión (digestores). La fase de leñado se realiza con calor; para lograr una temperatura elevada en los digestores se inyecta directamente en su interior vapor o se coloca una calefacción externa por la que circula el líquido del digestor. Los digestores suelen tener un movimiento rotatorio para facilitar la impregnación de la madera con los licores de cocción.
- Lavado con agua corriente, para separar de la pulpa los residuos del licor de cocción y las impurezas.
- Blanqueo opcional de la pulpa obtenida; con el blanqueo se eliminan también residuos de lignina y otras impurezas orgánicas, pero a costa de deteriorar la resistencia del futuro papel. El blanqueo de la pasta de madera química se suele realizar con gas cloro, hipoclorito, peróxidos o bióxido de cloro.
- Neutralización de los restos ácidos que puedan haber quedado en la celulosa, con sosa cáustica o amoníaco.

¹ Estas máquinas cuentan con una serie de cuchillas situadas al lado de aberturas por las que los fragmentos cortados caen sobre unas cintas transportadoras, que los conducen hasta las cribas.

² Los fragmentos de tronco pasan a una primera criba con gruesos orificios por los que caen astillas y nudos, que se depositan en una segunda criba más fina por la que pasa el material más menudo que cae a la tercera y última criba, donde se desprende el serrín. Los troncos se almacenan, las materias gruesas van a una picadora, y el resto se emplea como material de combustión.

Fig. 38 - Proceso de fabricación de la celulosa de paja y de madera según el procedimiento a la sosa o al sulfato (Keim)



La diferencia entre los distintos tipos de pasta de madera química estriba principalmente en el producto empleado como licor de cocción en el proceso de lejiado. El proceso ácido suele efectuarse con el sistema al sulfito o bisulfito y el proceso alcalino se puede realizar según dos tratamientos diferentes: a la sosa o al sulfato.

Los procedimientos alcalinos (Fig. 38), en general, permiten aprovechar mucho mejor las maderas duras, pues los sistemas ácidos no son capaces de convertir adecuadamente en pasta el corazón de algunos arboles (por ejemplo el pino, el abeto Douglas y el alerce).

El proceso a la sosa¹ consiste en desintegrar la madera troceada al aplicarle sosa cáustica con alta presión y temperatura (presión de vapor); da lugar a una pulpa voluminosa de buena opacidad pero, en la actualidad, su uso casi ha quedado relegado al desfibrado de maderas duras, porque con las maderas blandas se obtiene una pulpa de mejor calidad con el procedimiento al sulfato.

El procedimiento al sulfato² es, hoy en día, el procedimiento químico de obtención de la pasta papelera más empleado³ (según Browning, un 75% de la pasta química). Se caracteriza por proporcionar un papel de elevada

¹ Este fue el primer sistema de desfibrado químico (1851), y aunque en un principio tuvo dificultades de aplicación industrial, en 1870 ya lo habían adoptado varias fábricas.

² Este sistema apareció en 1879, cuando se comprobó que al añadir sulfuro de sodio a la sosa cáustica se obtenía una pulpa de mejor calidad con menor gasto de productos químicos.

³ Aunque el licor de cocción es una disolución de sulfuro de sodio con hidróxido sódico, este tratamiento recibe el nombre de procedimiento al sulfato pues, para reducir pérdidas durante la manufactura, una vez gastado el licor de cocción, se concentra y quema, y se le añade sulfato de sodio para poder reutilizarlo.

resistencia y gran calidad, aunque a costa de un aspecto poco estético, debido a su coloración parda oscura. El rendimiento de la pasta al sulfato está estimado entre el 42 y 44% de la madera en bruto¹.

La preparación de los troncos es común a los demás procesos: se cortan en troceadoras, y luego en las clasificadoras se separan los pequeños fragmentos, las astillas y el serrín.

Para realizar el desfibrado de la madera se introduce en los digestores con una mezcla de lejía negra (líquido digestor usado) y lejía blanca (líquido nuevo) y se somete a una temperatura de unos 170°C durante más o menos tiempo según la calidad de la pulpa².

Una vez obtenida la pulpa, se vierte desde el digestor a unas cribas, donde escurre el líquido, o se pasa a un lavador de vacío; los líquidos se recuperan para obtener la lejía negra, y la pulpa se desintegra en los separadores o clasificadores, finalmente se blanquea o se deja en crudo.

El blanqueo de la pasta al sulfato se realiza con hipoclorito, en fases consecutivas, para impedir que se formen concentraciones altas que podrían

¹ En el proceso al sulfato es necesario emplear madera muy seca para que el lejiado sea uniforme, sin embargo el descortezado no es importante y sólo se realiza si se quiere obtener celulosa blanqueada de calidad.

² El proceso puede durar desde 1 hora, para pastas muy duras, sólidas y difícilmente blanqueables, hasta 6 para las pulpas de primera calidad que van a ser blanqueadas. En la calidad de la pasta, además del tiempo, también influye la presión y la concentración de la lejía de cocción; cuanta menos lejía negra se emplee, más clara y blanqueable será la pasta. En general, a mayor presión, tiempo y concentración de la lejía blanca, mejor eliminación con el lejiado de las sustancias incrustantes (lignina), por lo que la pulpa tendrá un mayor grado de desintegración, menor dureza y más facilidad de blanqueo.

dañar las fibras. El proceso finaliza con dióxido de azufre, que aumenta la brillantez y ayuda a mantener la blancura¹.

Existen tres tipos de pasta al sulfato según el grado de blanqueo: sin blanquear o cruda, semiblanqueada y blanqueada:

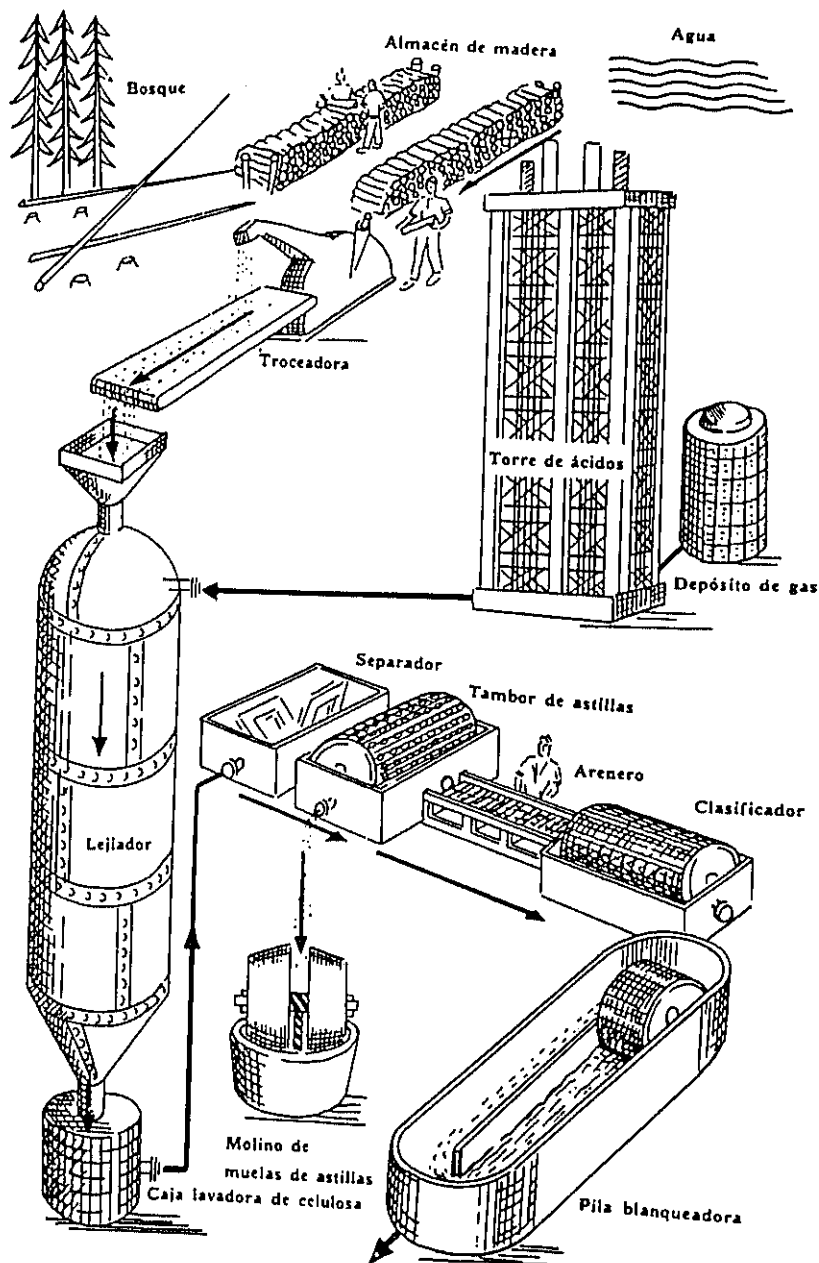
- La pasta sin blanquear o cruda sirve para producir el papel "kraft" de envolver, de color pardo oscuro, pero de gran resistencia mecánica y apto para la toma de apuntes a lápiz, carboncillo, sanguina, tiza, etc.
- Si la pasta sin blanquear se somete a una cocción más larga y a un lavado más profundo, da lugar a una pasta llamada "ligera y fuerte", de mejor color pero de menor resistencia que el papel kraft.
- Con la semiblanqueada, de mejor aspecto que la cruda, se puede fabricar la cartulina Bristol.
- La blanqueada sirve para papeles y cartones blancos y resistentes; ésta última puede recibir dos tratamientos, según se potencie, por un lado, la resistencia (papel bond, papel cebolla) o, por otro, la blandura y absorbencia (papel para offset).

Como puede verse, muchos de los papeles obtenidos con la pulpa al sulfato son aptos para los procedimientos artísticos.

El primer proceso ácido para la obtención de pasta papelera fue el sistema con ácido sulfuroso, patentado en los Estados Unidos en 1866, pero pronto fue superado por los procesos al sulfito o bisulfito (Fig. 39), donde la

¹ Aunque son más caros, también se están utilizando el dióxido de cloro y el clorito sódico en sustitución del hipoclorito, ya que resultan menos perjudiciales para el futuro del papel.

Fig. 39 - Fabricación de la celulosa de madera según el procedimiento al bisulfito (Keim)



pulpa se obtiene por la cocción de la madera con una disolución bisulfítica (sulfito ácido). Hay dos importantes sistemas al sulfito según se emplee el bisulfito magnésico (1872) o el bisulfito cálcico (1874).

En el proceso con bisulfito cálcico la madera se cuece entre 115 y 130°C, en digestores fabricados con material resistente al ácido y de tamaño más grande que en los sistemas alcalinos, pues la presión necesaria para obtener la pulpa es menor. La madera se introduce en el digestor y se bombea el licor de cocción, una solución de bisulfito cálcico y ácido sulfuroso que contiene exceso de dióxido de azufre, se calienta lentamente el digestor hasta 110°C durante dos horas para que el líquido penetre bien en la madera y no se queme la pasta. Finalmente se eleva con rapidez la temperatura, hasta unos 130°C, empleando un total de 6 a 9 horas¹.

Cuando acaba la cocción, la pulpa se vierte sobre un depósito de baldosas perforadas, por donde escurren los líquidos. Posteriormente, para eliminar los residuos, la pasta se lava con agua caliente en aparatos lavadores. Luego se eliminan los nudos en tambores de chapa perforada (separastillas) para hacerlos pasar a molinos de ruedas y preparar con ellos una celulosa de calidad inferior. La pulpa se termina de depurar y refinar con areneros y distintos tipos de clasificadores.

Cuando es necesario blanquearla se hace en dos etapas: primero con gas cloro y luego con hipoclorito. El tratamiento finaliza en los tambores

¹ Cuando en lugar de fabricar papel se desea una pasta para otro tipo de fines, se puede calentar más la pulpa, eliminando más lignina, aunque a costa de atacar la celulosa y por consiguiente debilitar las fibras.

espesadores o en el prensapastas. El rendimiento de la madera con este proceso es de un 44-46%.

Uno de los métodos más empleados hoy en día es el bisulfito magnésico porque degrada menos la celulosa y provoca menos contaminación. Es un sistema por cocción de las astillas de madera en bisulfito magnésico, parecido al anterior; con este mismo fin también se puede emplear el bisulfito de amonio.

Según el grado de blanqueo, hay 7 tipos de pastas al sulfito:

- Pasta blanqueada para libros, que es la menos fuerte pero la más limpia y brillante, con textura uniforme, apretada y blanda
- Pasta blanqueada Bond, fuerte, limpia y lustrosa, para cartulinas Bristol y papel de escribir
- Pasta cruda de fácil blanqueo, donde prima el aspecto sobre la resistencia, suave, absorbente, limpia y brillante
- Pasta cruda blanqueable, de buen aspecto, fuerte y limpia, usada para papeles de escribir
- Pasta cruda fuerte, de gran resistencia, para cartulina Bristol
- Pasta para periódicos, de resistencia media
- Pasta Mitscherlich, muy resistente pero con gran cantidad de hemicelulosa, sirve para fabricar papel glazine y papel resistente a la grasa.

Todos estos tipos de pastas pueden emplearse, con mayor o menor acierto, según las características deseadas, para la realización de estampaciones, o mejor aún de dibujos.

En contraposición a los sistemas alcalinos, los **sistemas ácidos**, y en especial al bisulfito, **han sido muy empleados** por ser procedimientos más baratos y de mejor rendimiento para la industria papelera; rinden un 18% más que los procesos alcalinos, **pero el papel que se obtiene posee una duración menor** (entre 50 y 100 años), además de obtenerse una celulosa menos sólida, más blanda y menos voluminosa que con los sistemas alcalinos.

En la actualidad la hegemonía de los sistemas químicos de obtención de la pasta papelera en medios ácidos está en decadencia y va siendo sustituida por los métodos alcalinos. Concretamente, la fabricación de la pasta al sulfito ya está generando problemas técnicos y de altos costes, derivados de su carácter contaminante y de las exigencias actuales de protección del medio ambiente.

Para contrarestar la menor calidad de los procesos ácidos, en comparación con los procesos alcalinos, se emplea el **sistema al sulfito neutro** (N.S.S.C.), en el que el licor de cocción es sulfito sódico con bicarbonato sódico, para que las reacciones de pulpación se desarrollen en una solución ligeramente alcalina. Sin embargo, este sistema sigue dando papeles de peor calidad que los métodos alcalinos.

3.1.2.3. La pasta semiquímica

Con la conjunción de los procedimientos de pasta mecánica y química se puede obtener la pulpa semiquímica; generalmente se logra ablandando mínimamente la lignina con una solución de sulfito ligeramente alcalina (sulfito neutro) o de sulfato más diluida ("kraft" semiquímico), hasta un grado que permita el fácil desfibrado de la madera, para poder terminar el proceso con la separación mecánica de las fibras.

Con este sistema, empleado a partir de 1925, la pasta obtenida es de mejor calidad que la pasta mecánica y más barata que la química, llegando a tener un rendimiento del 80% de la madera.

El blanqueo de la pulpa semiquímica se suele hacer con combinaciones de cloro e hipoclorito, en este caso el rendimiento de la pulpa baja hasta un 60%, pero sigue siendo más alto que en el caso de las pastas químicas blanqueadas (se sitúa entre el 38 y el 42%). Para no reducir el rendimiento de la madera con el blanqueo se recomiendan los peróxidos, pues oxidan los compuestos coloreados sin solubilizarlos.

3.1.2.4. La pasta de paja

Al contrario que la pasta de madera, que se logra con fibras de plantas leñosas, la pasta de paja se realiza con fibras que provienen de plantas herbáceas lignificadas¹.

La **celulosa de paja** se prepara con procedimientos similares a la pasta de madera, pero se emplean preferentemente los métodos alcalinos (a la sosa y al sulfato), por el alto contenido de ácido silícico de la paja.

Primero, la paja, que llega a la fábrica en balas, se criba y pasa a la sección de picado, donde se corta en trozos de unos 2 cm. Luego se limpia, eliminando el polvo, los residuos de grano y los nudos, pues son difíciles de desintegrar y es donde está concentrado principalmente el ácido silícico. Mediante ventiladores se lleva a los silos y de allí al lejiador, donde la paja se cuece a presión con hidróxido sódico (procedimiento a la sosa) o con hidróxido sódico mezclado con sulfuro sódico (procedimiento al sulfato). El rendimiento es mayor con el procedimiento a la sosa, pero se obtiene un mejor papel con el sistema al sulfato, pues se castigan menos las fibras.

Del lejiador se vierte a las fosas de lavado y de ahí a las pilas lavadoras; pasa por un clasificador donde se retienen las impurezas gruesas, por el arenero donde se sedimentan las materias pesadas, y por los clasificadores finales finos donde quedan todos los pequeños nudos. Se refina, se espesa en cilindros tamiz, se blanquea, si es necesario, en la pila

¹ El papel de paja fue el primer papel de fibras lignificadas, pero con la aparición de los métodos de desfibrado de la madera se convirtió en una simple anécdota, al resultar menos productivo. Aunque la paja puede dar un producto de buena calidad, el principal problema era su difícil desfibrado. Actualmente, una vez superados los problemas técnicos y debido al encarecimiento y la escasez de la madera, la paja, y más concretamente el esparto, son económicamente ventajosos para la obtención de celulosa. Hoy en día, dependiendo de los vegetales propios de cada país, se emplean principalmente la paja del centeno, trigo, cebada, esparto, arroz y bambú. Con el maíz y con la caña de azúcar también se fabrica papel (por ejemplo papel de bagazo) pero de celulosa muy pobre por lo que sólo se emplean en países tropicales donde la escasez de árboles es acuciante.

blanqueadora con productos clorados y, en la máquina prensapastas se convierte en hojas o en rollos. El rendimiento final suele ser de un 45% sobre el peso de la paja en bruto.

Con el mismo procedimiento se hace la **celulosa de esparto**¹, con la que se obtiene un papel de buen volumen y buenas características de impresión².

La celulosa de paja proporciona un papel con uniformidad y transparencia, buen tacto, muy buen carteo y cierta rigidez, propia del encolado; sirve para papeles finos y semifinos. De todas las pastas obtenidas a partir de plantas herbáceas lignificadas (pajas), la pasta del esparto es la que tiene más parecido con la de trapos.

Por el contrario, la pasta de paja amarilla es el producto de peor calidad que se puede emplear para fabricar papel. Contiene todas las materias incrustantes de la paja, porque su tratamiento consiste casi exclusivamente en el ablandamiento, para poder convertirla en cartones o papeles de ínfima calidad, bastos y amarillentos que sólo pueden emplearse como papel de embalaje de calidad inferior o para el interior de cartones ondulados³.

¹ Las diferencias con la fabricación de la celulosa de paja es que el esparto no se corta, sino que primero se eliminan las raíces y se desempolva, luego se desmenuza, y no se usan lejiadores rotativos, si no fijos, pues se formarían bolitas.

² El lino, cáñamo, yute y esparto se pueden desfibrar con el procedimiento a la sosa y al cloro, que se basa en una primera desintegración de las fibras con sosa cáustica mediante presión y vapor, para después de ser lavadas y clasificadas someterse a una solución acuosa de cloro, a un tratamiento alcalino con lejía de sosa, y finalmente a un blanqueo con hipoclorito cálcico o sódico. El cloro separa la celulosa de las fibras y los productos alcalinos permiten su desintegración, logrando que se disuelva la lignina. Con estos procesos se obtiene una celulosa de paja blanda y flexible.

³ Generalmente para estos fines se usa paja de centeno, de trigo o de maíz, que se desmenuza, se hierve con lechada de cal en lejiadores esféricos a presión de 3-4 atmósferas, se tritura en molino de muelas o en máquinas trituradoras, se diluye con agua y se refina ligeramente en pila holandesa. El
(continúa...)

3.1.2.5. La pasta de papel recuperado

El papel recuperado es aquel que proviene del aprovechamiento de otros papeles, ya sea de recortes o excedentes sin entintado (papel reutilizado) o de cualquier otro uso anterior (papel reciclado)¹.

La importancia del papel recuperado va aumentando día a día ante el encarecimiento de las materias primas y los problemas ecológicos, derivados tanto de la contaminación de las industrias de pasta de madera, como del agotamiento de los recursos naturales (Logan, 1989). Tanto es así que entre este tipo de papeles, el papel reciclado se ha convertido en bandera de muchos grupos ecologistas y está siendo empleado en la Administración Pública cada vez con más frecuencia².

Sin embargo, aunque el papel reciclado pueda tener unas características que le hagan perfectamente apto como soporte de la escritura, de dibujos y de impresos, la verdad es que su resistencia al envejecimiento suele ser mínima, al llevar concentradas todas las sustancias nocivas propias de la pasta de

³(...continuación)

rendimiento sobre el producto es de un 70% y resulta un material muy económico pero desde luego nada recomendable como soporte de obras de arte.

¹ Es importante aclarar que el llamado "papel reciclado" es un tipo de papel recuperado que, en sentido estricto, debe estar compuesto exclusivamente por fibras recuperadas de las que al menos un 51% sean de posconsumo (papel utilizado previamente con alguna finalidad) (Papelera Peninsular, s.a.). Las fibras recicladas también se mezclan con pasta fresca de madera para abaratar un papel que puede servir, por ejemplo, para libros. Con pasta reciclada pura se puede hacer papel de prensa, de escribir, de impresión semifino y capas de cartón intermedias en sustitución de la pasta mecánica.

² A este respecto son muy interesantes las *Recomendaciones del Consejo de las Comunidades Europeas* (Comunidades Europeas, 1981)

madera, junto con unas fibras excesivamente cortas que, en ocasiones, han sido sometidas a fuertes tratamientos químicos para eliminar su coloración grisácea. Es un papel inicialmente válido sólo para fines que no requieran una permanencia y durabilidad mínima, por lo que su empleo no resulta aconsejable en una obra artística.

También es verdad que la calidad de un papel hecho de fibras recicladas dependerá en gran grado del origen de estas fibras; es mejor un papel reciclado procedente de papeles sin pasta mecánica, que un papel de pasta mecánica¹.

Las antiguas fábricas de papel a mano también reutilizaban las hojas imperfectas, sumergiéndolas en agua hirviendo para que perdieran el encolado, y afinándolas en pilas holandesas o con mazos, para mezclar esta pasta con la pulpa de trapos. Aunque el papel así obtenido bajaba de calidad en lo que respecta al factor estético (aparecían pequeñas burbujas de los residuos de cola) la verdad es que en este caso sus propiedades eran casi tan buenas como las de la pasta de trapos, exceptuando la resistencia mecánica, que se vería afectada por el acortamiento de las fibras.

Hoy también se reutilizan los desechos de la propia industria papelera y de fábricas que emplean papel (recortes de imprenta, posteta, etc.). La pulpa de este papel reutilizado es siempre de mejor calidad que la del papel reciclado o de postconsumo.

¹ Aunque sin llegar a alcanzar una mínima parte de lo que supone en la actualidad, el papel se ha recuperado prácticamente desde su invención (el primer papel no deja de ser un producto del "reciclado" de trapos viejos), prueba de ello es el "cartón árabe", único cartón existente hasta la aparición de las máquinas de papel continuo, que se fabricaba pegando hojas usadas hasta conseguir un grosor determinado.

Aunque comercialmente se distinguen 29 clases de papelote, muchas de ellas con subclases, en términos generales se puede hablar de cuatro calidades principales de papel recuperado:

- El papel desperdiciado en las fábricas de papel (recorte de bobinas, trozos rasgados, empalmes, etc)
- El recorte de gillotina, clasificado a su vez según el tipo de pasta y blancura
- El procedente de oficinas y de uso doméstico
- El papel impreso junto con el recogido en la calle.

Las dos primeras clases se emplean solas o en mezcla con otras pastas para papel de oficinas, uso escolar, impresos, etc. (**papeles reutilizados**) y las últimas calidades, o papel postconsumo, para papel de imprimir ordinario, papel de embalaje, estracillas y cartones grises (**papeles reciclados**).

En general para reutilizar el papel sólo es necesario ablandarlo; el papel se ablanda en molinos de muelas, generalmente de granito o lava, o en desfibradores, que hacen una acción parecida a las máquinas amasadoras, procurando en todo caso no aumentar el refino. Para papeles muy duros y encolados no basta con el ablandamiento, es necesario cocerlos en hervidores esféricos. Una vez desintegrado, el papel se depura o tamiza para eliminar cuerpos extraños (por ejemplo grapas) y finalmente se puede optar por refinarlo mezclado con agua.

Para fabricar papel reciclado de baja calidad se emplea el papel de periódico, que como no lleva apresto, se trata en una batidora industrial o

repulpadora, que lo convierte en pulpa, y sin desentintarlo sirve para fabricar cartón barato.

Para papeles reciclados de mejor calidad se requiere una cierta blancura, que sólo se logra eliminando la tinta del papelote. De lo contrario se obtiene una pasta de color negro-grisáceo, propio del papel reciclado¹.

El sistema más moderno de desentintado de papeles impresos es el de flotación, por el que, mediante la adición de un mínimo de productos químicos y la inyección de burbujas de aire a la pasta diluida, se logra que la tinta se una a éstas y suba a la superficie, de donde es retirada por aspiración; su ventaja principal, además de la efectividad, es la de resultar escasamente contaminante para el medio ambiente.

El rendimiento de la pulpa de papel reciclado impreso suele ser de un 92% del peso de los papeles empleados en el reciclaje.

¹ La primera máquina de desentintado apareció en 1774, facilitando el reciclado del papel y la obtención de pasta a partir de hojas usadas. Para desentintar los papeles impresos o manuscritos se usan peróxidos o soluciones alcalinas, tales como bicarbonato, cloruro de calcio, sosa caústica, carbonato sódico y detergentes. El problema de los productos muy alcalinos es que reaccionan con la madera, coloreándola de amarillo, por lo que se obtiene un papel amarillo-grisáceo. Para evitar esto lo mejor es ablandar el barniz de la tinta con una proporción débil de productos alcalinos y hacer un aclarado muy fuerte, con agua lo más caliente posible (luego la pulpa se puede blanquear con hipoclorito cálcico, se lava y se mezcla con otra pasta).

3.1.2.6. Tratamiento especial de las pastas para papeles transparentes¹

Los papeles transparentes han sido y son ampliamente utilizados en el campo del dibujo técnico, principalmente por la facilidad de realizar el calco desde un original, o de visualizar varios dibujos superpuestos².

Los diversos tipos de papeles translúcidos, empleados como soportes del dibujo, pueden agruparse, según su manufactura, en cuatro grandes grupos:

- 1- Los papeles que después de su fabricación logran la transparencia por la **adición de sustancias grasas**.
- 2- Los papeles que obtienen la transparencia por la "**molienda fina**" de la pasta papelera.
- 3- Los papeles que se vuelven translúcidos por un **tratamiento con ácido sulfúrico**.
- 4- Los **papeles sintéticos** (plásticos) o con adición de este tipo de fibras, que serán estudiados posteriormente.

Los papeles con adición de grasas se denominan según las Normas UNE (UNE 57.003-78) *papeles de calco artificial*. Son papeles translúcidos, impregnados de aceites, resinas o ceras, que se destinan al multicopiado de

¹ Este apartado es, casi en su totalidad, una adaptación del artículo aparecido en la revista *Pátina* (R. Viñas, 1991), a raíz de la Campaña de Verano de 1990 de la Especialidad de Conservación y Restauración del Documento Gráfico de la E.C.R.B.C.

² Hasta hace unas décadas otra ventaja importante era la de poder ser reproducido instantáneamente sobre papeles con emulsiones fotosensibles, como el papel Marión o al ferropusiat. El dibujo sobre papel translúcido se exponía a la luz con el papel fotosensible, que posteriormente se revelaba mediante lavado o con vapores; podemos decir que este sistema es el antecedente directo de la fotocopiadora.

planos. Entre sus componentes destacan los aceites secos o similares, como el aceite de linaza, adormidera o nueces, la trementina, el barniz, la parafina, etc.¹

Es evidente que todos los papeles de este grupo tendrán una alta **tendencia a amarillear con el tiempo**, debido a la oxidación de las sustancias grasas, lo cual puede ser también consecuencia de su posterior friabilidad.

A los papeles con "molienda fina", según Normas UNE, se les denomina papel calco natural, papel cristal (en inglés *glassine*) y papel similsulfurizado (comercialmente "papel manteca").

El papel de calco natural y el similsulfurizado logran la transparencia por el alto refinado de la pasta papelera (refinado graso) mediante pilas refinadoras, tipo pila holandesa, o con el refinado cónico. En el caso del papel de calco natural, lo que se busca con este tratamiento es la transparencia, mientras que en el papel similsulfurizado -que no debe contener pasta mecánica (se fabrica con celulosa de madera obtenida con tratamientos químicos, como el sulfito o el bisulfito)- lo que se pretende es la resistencia a la absorción de grasas, pues, aunque también se emplee como papel de dibujo, su aplicación principal se encuentra en la industria del embalaje².

El **papel cristal** es un papel como los anteriores, pero se diferencia por tener un menor gramaje y haber sido humectado y satinado intensivamente con

¹ Dentro de este grupo de papeles se encuentran los papeles parafinados y siliconados, así denominados por la materia cubriente que los hace impermeables. No tienen auténtica aplicación artística, aunque se usen como materia auxiliar.

² Los papeles de calco natural y similsulfurizado que se fabrican específicamente para la confección de planos y dibujos, deben ser flexibles, por lo que reciben un tratamiento adicional con suavizantes, que aumenta la transparencia, pero disminuye la resistencia a la tracción.

calandrias de rodillos de acero caliente. Esto le confiere una mayor lisura, transparencia y lustrosidad; es más blando, resiste también las grasas y vapores y, entre otros usos, se emplea para calcar.

Los papeles de "molienda fina" son más fuertes que los de calco artificial, amarillean menos y reciben mejor las tintas, pero tienen poca permanencia y durabilidad por la escasa longitud de sus fibras, prácticamente "gelatinizadas" por el exceso de refino, y por la adición de suavizantes, que, además de disminuir la resistencia, pueden ocasionar amarilleamiento, oxidación o friabilidad por la pérdida de sus cualidades.

Actualmente, el sistema de refino graso se está sustituyendo, para lograr papeles más resistentes y menos sensibles al dobléz, por la adición de fibras sintéticas a pastas menos refinadas. Hoy en día, el llamado "papel vegetal" prácticamente ha sido sustituido por el papel de poliéster, que no es sino una lámina de esta resina sintética, de cualidades inmejorables desde el punto de vista de la conservación.

Finalmente, los papeles sulfurizados son aquellos originariamente porosos y sin encolado, que han sido tratados mediante baños con ácido sulfúrico¹ (también se pueden emplear otras sustancias, como el cloruro de zinc o soluciones cuproamoniacales).

¹ La primera fábrica de papel sulfurizado data de 1861, su manufactura, a grandes rasgos, consiste en el baño del papel poroso en ácido sulfúrico fuerte, exprimido entre rodillos para eliminar el exceso de ácido, enjuague con agua fría y alisado entre cilindros de caucho. Se recomienda que pase después por otro baño de agua alcalinizada, pues, de lo contrario, los residuos de ácido podrían formar hidrocélulosa, provocando la desintegración del papel. Si éste está destinado al dibujo suele tratarse, finalmente, con una solución de sulfato de aluminio, que favorece la escritura.

El tratamiento con ácido hace que las fibras se hinchen, pierdan su estructura y se modifiquen químicamente, al transformarse la celulosa en dextrina de celulosa¹ (gelatinización), adhiriéndose así las fibras con bastante intensidad. La transformación de las fibras por el ácido puede ir seguida de hidrólisis, que termina por descomponer la celulosa en glucosa, aunque esto no es lo normal en el proceso de fabricación del papel sulfurizado.

Por medio de la sulfurización el papel adquiere una alta resistencia a las grasas y a la humedad (incluso en ebullición) y se vuelve transparente, rígido y córneo, por lo que, para su uso como documento, debe flexibilizarse.

Un buen papel sulfurizado debería ser bastante estable, pues no se altera ni pierde sus cualidades, aunque se trate con agua hirviendo, soluciones salinas, caústicas o ácido en frío; también resiste al ataque de microorganismos e insectos. Sin embargo, este papel está considerado como un **gran problema** desde el punto de vista de la conservación (Serrano y Barbachano, 1987), por las deformaciones que se originan cuando se humedece localmente, y por deficiencias en su manufactura pues, con frecuencia, contiene residuos de ácido que, como hemos visto, pueden ser fatales, además de la posible formación de glucosa. Los aditivos que se añaden para su flexibilización también pueden ocasionar problemas; por ejemplo la glicerina y el azúcar predisponen al enmohecimiento, y el cloruro de magnesio a la formación de ácido clorhídrico, con la consiguiente descomposición del papel.

¹ La dextrina de celulosa es una sustancia insoluble en ácidos o alcalis, que se hincha en presencia de agua, y de consistencia córnea en seco.

3.1.2.7. El papel sintético

Como muchos bienes de origen natural, las fibras vegetales para pasta de papel vienen padeciendo una progresiva escasez, lo que ha determinado la búsqueda de nuevas materias primas sustitutivas y métodos alternativos de fabricación.

Así, atendiendo a necesidades económicas y medioambientales ha surgido la necesidad del reaprovechamiento de fibras ya utilizadas. La respuesta más inmediata a este problema nace en forma de papeles recuperados: reutilizados y reciclados, en cierta medida "ecológicos".

Otra alternativa ha sido la sustitución parcial de la celulosa por fibras sintéticas obtenidas de desperdicios de la industria textil, como viscosas, poliamidas y poliésteres¹ (Xucá, 1982, 870) para pasar de esta propuesta a lo que son los soportes plásticos como sustitutos del papel.

Una vez más, la industria textil ha marcado las pautas de la industria papelería. Ante la carestía de fibras naturales para confeccionar telas, las fábricas textiles aceptaron las fibras artificiales, obtenidas a partir de la transformación química de sustancias naturales: maíz, cacahuete, soja.

De la propia celulosa se obtiene el rayón (seda o hiladas de acetato de celulosa) y la viscosa, seda artificial, con la que también se prepara el **papel celofán**.

¹ Resina termoplástica obtenida por la polimerización del estireno, y otros productos químicos (Voz *poliéster*, Diccionario de la RAE, 1992).

El uso más o menos habitual de las fibras semisintéticas favoreció el desarrollo de las fibras totalmente sintéticas, obtenidas a partir de polímeros no naturales, fruto de combinaciones de laboratorio. El nailon¹, en 1940, marcó el inicio de la industrialización de estos nuevos productos. Inmediatamente otras variantes, como el poliéster, aportaron materiales cuyas características podían ser diseñadas para obtener un material con cualidades específicas según las necesidades².

Dentro de los papeles, el papel vegetal (sulfurizado) y el celofán ya habían sido pioneros en lo que se refiere a papeles con una fuerte transformación química de la celulosa, con el objetivo de convertir las fibras en una pasta transparente.

Los primeros papeles fabricados con fibras sintéticas³, solas o mezcladas con fibras celulósicas, aparecieron hacia 1957, precisamente con el fin de mejorar cualidades que requerían algunos papeles especiales empleados en la industria (papeles filtros, papeles aislantes, etc.)⁴.

¹ Material sintético de índole nitrogenada, del que se hacen filamentos elásticos, muy resistentes (Voz *nailon*, Diccioanrio RAE, 1992).

² Para mayor información sobre el tema, desde el punto de vista de tipos, composición y utilidad de las resinas véase Oleesky y Mohr .

³ Sobre clasificación y descripción de fibras sintéticas empleadas en la fabricación del papel véase Kraemer (1973, 38 ss).

⁴ En principio las fibras sintéticas son más caras, por lo que las mejoras que proporcionen al papel deben ser considerables para que compense su empleo, por ejemplo, el rayon mejora la porosidad y permeabilidad del papel al agua y a los líquidos (para papeles filtros) y las fibras vinílicas mejoran la porosidad y la propiedad de adherirse por calor (papel para bolsas de té).

Las fibras sintéticas pueden emplearse solas o mezcladas con fibras de celulosa, y en este caso se les puede adicionar todos los productos empleados en la fabricación de los papeles normales (cargas, adhesivos, etc.).

Hoy en día, y en múltiples aplicaciones, encontramos todos las composiciones desde el papel tradicional, a la lámina continua de material plástico, pasando por soportes realizados totalmente con fibras sintéticas ("telas no tejidas").

Desde las primeras aplicaciones industriales, las fibras sintéticas se han introducido fuertemente en el mundo del papel apto para la escritura y dibujo. Primero fue la aparición de papeles con alta resistencia para embalaje debido a la mezcla de fibras celulósicas y sintéticas (por ejemplo, sobres con fibras de vidrio) y la secuencia ha continuado hasta la comercialización de "papeles de regalo", plásticos en forma laminar con variantes en el grosor, color, textura, brillo/mate, flexibilidad/dureza, etc., que casi sigilosamente están ocupando el puesto del papel en su faceta de material para envolver. Actualmente, bolsas, cajas y "papeles" para regalos son de plástico, y también están plastificados muchos papeles y cartulinas que necesitan mayor consistencia o resistencia al uso.

Esta intromisión de los plásticos en un terreno tan propio del papel y cartonaje, es sólo una vía de popularización que nos hace habitual un elemento extraño. La otra vía, mucho más cuidada, es la perteneciente al dibujo técnico.

En el campo del papel como soporte artístico, el **dibujo técnico** es el que está siendo responsable de la entrada de estos nuevos materiales. La

inestabilidad de los papeles transparentes (celofán y papel vegetal) es la que ha dado la mano, primero a los acetatos, y hoy a los poliésteres como soporte del dibujo, en el intento de sustituir papeles frágiles e inestables por otros de mayor resistencia mecánica. En el campo del dibujo cartográfico también ha sido muy importante su alta estabilidad dimensional.

Era necesario un papel "vegetal" que reuniera mejores cualidades que el tradicional sulfurizado, de tan irregular comportamiento y malísima conservación. Y esta fue la oportunidad para que los plásticos ofrecieran una alternativa ampliamente aceptada en algunos sectores (sobre todo cartografía, diseño y arquitectura), aunque aún no generalizada a otros campos artísticos, por razones económicas y de costumbre. Este nuevo material es el llamado "papel de poliéster"; un soporte que estrictamente hablando no podría denominarse "papel", ya que es una lámina plástica en la que no interviene ningún tipo de fibra¹.

Una de las principales cualidades de este preparado es su gran permanencia y durabilidad frente a los agentes físicos, químicos y biológicos que agreden y destruyen el papel celulósico. Soporta los 200° C, es hidrófugo, inerte ante agentes externos, y de gran fortaleza mecánica; se le ha llegado a augurar, en condiciones normales, una estabilidad superior a los 500 años.

¹ El poliéster, resina termoestable totalmente sintética obtenida por mezcla del ácido terftálico y etileno, se expende en el comercio para una infinidad de aplicaciones con nombres muy variados. Se vende en rollo y láminas con cualquiera de las características que definían al papel celulósico: flexibilidad, brillo, dureza, opacidad, transparencia, regularidad de grosor y de superficie, resistencia mecánica al uso, etc.

En todo caso presenta dos importantes "inconvenientes": por una parte, la **falta de absorbencia**, cualidad que técnicamente podría alcanzar si la demanda comercial así lo exigiese, y por otra, el ser un producto de **problemático reciclado**.

Actualmente, la falta de porosidad y textura fibrosa -pues se trata de una pasta o amalgamiento sin intersticios- obliga a emplear tintas de secado muy rápido, elaboradas con disolventes de volatilidad controlada (glicoles) que permiten fijar los pigmentos, generalmente artificiales o sintéticos, a la superficie pulida, lisa, aspera, etc. de estos papeles.

El futuro más inmediato va a presenciar la lucha entre estos materiales plasticos, que por múltiples intereses están abriendo caminos de aplicación insospechada, propiciando el lento pero irreversible retroceso de algunos productos celulósicos, como es el caso del "papel vegetal"¹.

Cada etapa cultural conlleva un soporte de la documentación gráfica acorde a la tecnología disponible. Precisamente en esta nueva tecnología, documental y artística (cine, vídeo, informática², y también en la ya casi

¹ Como dato anecdótico, citar que en 1987 se publicó en Japón el primer libro sobre "papel de plástico", y que en este país, cuya industria petroquímica lanzó los primeros "papeles sintéticos", se editan publicaciones periódicas sobre este material.

Ciertamente no es factible un cambio inmediato de los soportes celulósicos a los plásticos. La aceptación de los materiales que definen una Era se produce a través de lustros. Recordemos la era de la piedra, de los metales, de la cerámica, etc; la era del papel que se inició hace unos dos mil años ha necesitado varios siglos para alcanzar la universalidad, y para lograr esta aceptación mundial ha tenido que superar las cualidades de otros soportes que se empleaban en las distintas áreas geográficas en donde se sucedió su llegada. El pergamino, a pesar de todas sus virtudes sucumbió ante el papel de la misma forma que el papiro cedió al pergamino el primer puesto de soporte gráfico (Viñas, 1994a).

² El llamado "arte por ordenador".

tradicional fotografía) es en donde las resinas sintéticas, y sobre todo el poliéster, están teniendo su verdadero "papel" como "soporte del arte"¹.

Hoy en día los papeles sintéticos (sobre todo en el caso del poliéster) se consideran como **garantía de conservación** gracias a sus propiedades (Enciclopedia de Tecnología Química, 691):

- Resistencia a los ácidos
- Resistencia a los álcalis
- Gran estabilidad dimensional
- Gran capacidad aislante eléctrica
- Resistencia a la pudrición
- Resistencia al calor
- Poca degradación con el tiempo

Pero a pesar de todo, las fibras "de plástico" **no son completamente inalterables**; de hecho muchos materiales han demostrado una alta capacidad de degradación², más peligrosa que la de los soportes celulósicos, por lo desconocida e inesperada³.

¹ De la misma forma que el pergamino y el papiro son todavía soportes de relativa nobleza ante el papel y se prefieren para realzar acontecimientos, el papel, de forma progresiva, puede ir ocupando el mismo lugar de soporte tradicional por las razones ecológicas y técnicas expuestas. Pero ello no significa, en absoluto, su próxima ni absoluta desaparición, aunque sí parece evidente la lenta pero inapelable cesión del puesto que ocupa como material de primer uso en infinidad de aplicaciones.

² Según Luis Avendaño "La acción oxidante, la radiación ultravioleta de la luz, la posibilidad de agentes agresivos ambientales, etc..., producen una degradación progresiva del plástico (rotura de cadenas), de efecto irreversible y con notables consecuencias negativas. La sensibilidad al envejecimiento es también variada en los diferentes plásticos..." (R.C.M., 1991, 5)

³ Recordemos, dentro del campo de los "plásticos celulósicos", el poder devastador del nitrato de celulosa, de alta capacidad de autodegradación, e incluso autocombustión. En términos mucho menores, el acetato de celulosa tampoco es completamente estable, por su capacidad de generar ácido acético.

Aunque las alteraciones sean menos frecuentes, también hay organismos y factores dañinos (radiaciones ultravioletas¹ entre otros) que no deben ser olvidados; de hecho, algunos microorganismos pueden afectar a varias sustancias plásticas. Los papeles con mezclas de fibras celulósicas y sintéticas son muy sensibles a cambios de temperatura rápidos por microcondensaciones de humedad, que pueden dar lugar a la proliferación de microorganismos. Aún así, el principal problema que plantean es la excesiva resistencia que puede generar problemas de imposibilidad de eliminación natural de los residuos (Kraemer, 1973, 14, 69 y 70).

¹ Las radiaciones ultravioletas pueden alterar muchos materiales "plásticos", como es el caso del desprendimiento de cloro en el cloruro de polivinilo (Kraemer, 1973, 39).

3.2. LOS ADITIVOS

Aunque la principal materia prima del papel son las fibras, y a ellas debe en gran parte sus características así como al tratamiento que hayan sufrido hasta llegar a convertirse en una hoja, muchas de las cualidades de un papel, como la absorbencia, textura, color o resistencia, están determinadas por otros productos que se adicionan a las fibras cuando están convertidas en pulpa, durante la formación de la hoja, o una vez que ésta ha finalizado. Estas sustancias, encolantes, colorantes, blanqueadores, cargas de relleno, antisépticos, etc. reciben el nombre de aditivos.

3.2.1. Los encolantes

Una característica muy importante del papel, y concretamente de los papeles artísticos, es el apresto, conseguido mediante sustancias adhesivas o encolantes que evitan la excesiva absorbencia de la fibras al aglutinarlas entre sí. El apresto del papel, además de influir en el grado de esponjosidad, es el responsable del "carteo", ruido característico del papel encolado cuando se agita.

Las materias encolantes pueden incorporarse al papel mediante su adición a la pulpa, mezclándolas con la pasta papelera en máquinas batidoras (apresto de máquina, de pasta o encolado en masa), o ser aplicadas durante o después de la formación de la hoja (apresto de superficie).

El encolado en masa supuso un avance tecnológico que economizó el proceso de producción tradicional, al evitar el encolado de las hojas individualmente después de su formación, pero hoy en día el encolado de superficie puede introducirse en la formación del papel continuo como parte de la operación de la maquinaria, si se aplica por medio de rodillos a la hoja parcialmente seca, o introduciendo la tira del papel continuo en una solución con el adhesivo.

Desde el punto de vista práctico, el apresto de máquina se caracteriza por la aglutinación de todas las fibras de la hoja, mientras que en el apresto de superficie sólo reciben el encolado las fibras superficiales de una o de ambas caras; esto implica que los papeles encolados en superficie cambian sus propiedades de absorbencia si se raspan las fibras superiores (papeles poco aptos para el borrado).

El aglutinante más comúnmente empleado, pues se encuentra en la mayoría de los papeles actuales -exceptuando el papel pergamino, el de seda y los absorbentes-, es la **colofonia**, una resina obtenida de la turpentina que proporciona resistencia a la humedad, y que, en compañía del alumbre, se aplica generalmente como apresto de máquina. El **alumbre** es una sal del ácido sulfúrico que facilita la precipitación de la colofonia sobre las fibras; diluido en agua ocasiona una reacción ácida nefasta para la conservación del papel. La colofonia potencia este efecto, al ser un ácido débil fácilmente oxidable que propicia el amarilleamiento del papel. Por esta razón el **encolado con colofonia no es aconsejable para papeles de uso artístico.**

El **almidón** o engrudo vegetal es otro encolante del papel, se obtiene mezclando harinas con agua y se puede emplear tanto como apresto de máquina como de superficie. Aglutina las fibras de celulosa y retiene los rellenos minerales, dotando al papel de buen tacto y carteo.

La **cola animal** o gelatina se obtiene por cocción de restos animales (piel, cartílagos y huesos). Es **uno de los encolantes más apreciados para papeles de dibujo**, proporciona dureza al papel y mezclada con formaldehído actúa como impermeabilizante.

Su uso en máquina de batir es antieconómico, pues al ser muy soluble en agua se arrastra con ella y apenas se fija a la pulpa; este problema puede corregirse si se mezcla con alumbre. Aun así se emplea principalmente como apresto de superficie, sumergiendo la hoja acabada en una solución de cola.

En la inmersión, la gelatina penetra sólo en las capas exteriores, por lo que el papel encolado con cola animal (caso de la mayoría de los papeles de dibujo) no resiste la goma de borrar pues, al destruirse la capa exterior, la tinta es absorbida por las capas interiores que carecen de apresto. Si se quiere un papel resistente al borrado se debe combinar el encolado superficial a la gelatina con un apresto de máquina, por ejemplo con resina.

La **caseína** es otro apresto para papeles de calidad, que no se emplea en papeles baratos por su elevado costo; proporciona suavidad y puede actuar como aglutinante de pigmentos y estabilizador del apresto de colofonia.

Cuando se busca una buena permanencia, lo más aconsejable son las **resinas sintéticas**; dotan a los papeles de elevada resistencia, en estado

húmedo y seco, y de impermeabilidad. Otros adhesivos sintéticos son los **polímeros orgánicos**, como el alcohol polivinílico, la celulosa metílica y la carboximetílica; son bastante costosos pero de óptimos resultados.

3.2.2. Los blanqueadores

La blancura del papel ha sido una de sus cualidades más apreciadas, sobre todo desde la perspectiva como soporte artístico, pues permite que, a partir de su tonalidad clara, se llegue a todos los colores posibles sin interferencias y que se pueda emplear el fondo para plasmar las luces.

Tradicionalmente las fibras que constituían el papel eran las responsables de su blancura. La pasta de trapos blancos y limpios, el algodón y muchas otras fibras vegetales, entre las que se encuentran algunas maderas, proporcionan un soporte blanco o ligeramente ahuesado¹. Pero la escasez de estas materias primas ha forzado el empleo de otras de coloración generalmente indeseable, que precisan la adición de blanqueadores, sustancias químicas capaces de eliminar los residuos coloreados de la pulpa del papel.

¹ El primitivo papel de trapos no precisaba la adición de productos blanqueadores, pues la tonalidad de las fibras era suficiente para obtener un grado de blancura deseable; sin embargo, para potenciar aun más esta claridad, existía la costumbre de secar los papeles húmedos al sol, en tendederos al aire libre (las radiaciones solares son capaces de blanquear ligeramente las fibras liberianas mediante su oxidación).

Es a partir del siglo XIX cuando, ante la escasez de trapos, comienzan a emplearse para la fabricación del papel trapos sucios y de color y, gracias al avance que supuso el que el cloro fuera aislado a finales del XVIII, comienzan a utilizarse elementos clorados para su decoloración

La forma más común de eliminar estos residuos es la utilización de agentes oxidantes, con el inconveniente de que al decolorar por oxidación también se oxida la celulosa de las fibras, potenciando el deterioro del papel. Por ello a la exigencia de blanqueadores económicamente rentables, debe añadirse el requisito de que la acción degradante del papel sea mínima.

El blanqueo de la pasta de trapos se suele realizar con la adición de hipoclorito a la pulpa; después se lava la pasta para eliminar los residuos clorados, que no desaparecen por simple enjuague, por lo que es necesaria la neutralización mediante sustancias anticloro. El problema es que generalmente este último paso no suele realizarse a la perfección, con la consiguiente merma de calidad del papel.

El primer blanqueo de pasta mecánica se realizó con agentes reductores, y se emplearon bisulfitos (bisulfito sódico o calcico) que podían provenir de los líquidos de desecho de sistemas químicos de obtención de la pasta papelera (sistema al sulfito)¹. Hoy en día lo más empleado son los peróxidos, de sodio o de hidrógeno, que aunque son más caros también son más eficaces; los peróxidos actúan oxidando la lignina y las materias colorantes y dan un papel opaco muy apto para libros. En general, estos sistemas de blanqueo no son muy fuertes y casi suponen un abrillantamiento del papel.

¹ Actualmente se prefieren como blanqueantes reductores los hidrosulfitos de sodio y de zinc, pues dan una mayor blancura. Cuando se emplean hidrosulfitos se debe lavar la pulpa, pues sus residuos pueden reaccionar con colorantes que se añadan posteriormente al papel y corroer la maquinaria.

El blanqueo de la pasta al sulfato se realiza con hipoclorito durante varias etapas para evitar concentraciones altas². Actualmente también se emplean como blanqueantes el dióxido de cloro y el clorito sódico, ambos son más caros pero blanquean más, degradando menos la celulosa; el dióxido de cloro se aplica al final del proceso del blanqueo con hipoclorito, y el clorito sódico se suele usar mezclado con hipoclorito en medio alcalino².

El blanqueo de la pulpa al sulfito o bisulfito se realiza en dos etapas, empleando productos clorados (oxidantes)³.

Actualmente se aboga por el empleo de papeles poco blanqueados o sin blanquear, por cuestiones ecológicas -el blanqueo es un proceso muy contaminante- y de salud -cansa menos la vista al reflejar menos la luz-.

¹ El proceso se lleva a cabo clorando la pulpa con hipoclorito, manteniendo la disolución con un pH=8 mediante la adición de sosa cáustica, luego la pulpa se lava en un lavador de vacío y se somete a una extracción alcalina mediante la adición de sosa cáustica, se lava de nuevo y se repite todo el proceso, hasta que se realiza el blanqueo final. Después de ser tratada con el hipoclorito, la pasta se aclara y se somete a la acción del dióxido de azufre que hace que aumente la brillantez y se mantenga el blanqueo.

² Al final de ambos procesos se emplea, igual que en el caso del blanqueo con hipoclorito, el dióxido de azufre..

³ En una primera etapa se clora la pulpa con cloro gaseoso en unas máquinas llamadas cloradores, luego se lava con lavadores de vacío y se le da un suave tratamiento alcalino con sosa cáustica muy diluida, vuelve a lavarse y finalmente se procede al blanqueo propiamente dicho mediante hipoclorito, al que se adiciona sosa cáustica para mantener un pH=8. Utilizar hipoclorito directamente sobre la pulpa para realizar el blanqueo resulta antieconómico, pues al aplicar los productos clorados la pasta al sulfito toma un color rojizo que hace que se necesite más tiempo y más cantidad de blanqueador para llegar a un grado de blancura aceptable.

3.2.3. Los colorantes

Como acabamos de ver, la coloración del papel suele provenir del empleo de fibras blancas o de color crudo, blanqueadas o no, pero este aspecto puede ser alterado por sustancias colorantes que aumenten la blancura o proporcionen otro color.

Independientemente del blanqueo, el color blanco de un papel puede acentuarse con el uso de pigmentos azules, rojos o violetas, que contrarresten su tono amarillento. Este sistema, por el que se logra una apariencia de blancura mediante colorantes y efectos de fluorescencia, recibe el nombre de **blanqueo óptico**. El blanqueo óptico suele ser insoluble en agua, pero es poco estable ante la luz.

En el ámbito del papel de uso artístico, también son bastante comunes los papeles de color, sobre todo en tonos beises y grisáceos, cuando se trata de aprovechar el tono de fondo para creaciones pictóricas.

Los tintes se suelen agregar a la pasta papelera o a la hoja durante su formación; en este último caso se hace pasar el papel a través de una solución de colorante (teñido por inmersión), o se aplica mediante una calandria (coloración y satinado del cartón). Lo más común para papeles de dibujo coloreados es el teñido de la pasta.

Los colorantes pueden actuar tiñendo las fibras por medio de una reacción química con la celulosa (colorantes directos), o pigmentándola, de modo que el colorante quede insoluble entre las fibras (colorantes ópticos), en

este caso el papel queda coloreado, pero las fibras mantienen su coloración original.

Un tipo de colorantes ópticos son los colores térreos; se trata de colores naturales insolubles en agua, como los distintos óxidos de hierro; permiten tintes sólidos y baratos, pero cada vez están más en desuso. Para obtener tonos pardos también se emplea, entre otros, la tierra de Siena y de sombra.

Los colorantes más usados son los sintéticos orgánicos (colorantes de alquitrán); entre éstos destacan los colorantes ácidos, tintes bastante sólidos y con buena fijeza a la luz, pero que sólo se pueden aplicar en papeles encolados. Los colorantes básicos son poco sólidos, pero más baratos, y se puede aumentar su fijeza con ayuda de un mordiente. Finalmente, también existen colorantes de alquitrán insolubles en agua, con los que se pueden obtener colores muy resistentes a la luz.

3.2.4. Cargas de relleno

La mayoría de los papeles contienen "cargas de relleno", como la arcilla, talco, yeso, etc., que sirven para aumentar la lisura de las hojas de papel, su brillo, opacidad, flexibilidad, suavidad, volumen y receptividad a la tinta.

Las cargas de relleno se agregan en forma de papilla durante la preparación de la pasta papelera, quedan fijadas a las fibras por la propia fuerza absorbente del material fibroso, aunque suele ser conveniente el empleo de sustancias encolantes para evitar su arrastre por el agua.

Entre los rellenos más frecuentes para papeles de escribir, y por consiguiente para papeles de dibujo, se encuentran la arcilla, el talco -que proporciona un tacto suave-, el sulfato de calcio precipitado, y el yeso para superficies mates, planas y de buen carteo. Algunos de los rellenos también influyen en el color del papel, como el "blanco fijo", que confiere un aspecto de mayor blancura.

3.2.5. Antisépticos y fungicidas

La aplicación de determinadas materias, sobre todo encolantes, y las propias características de la celulosa, hacen que el papel sea especialmente sensible al ataque de hongos, bacterias e insectos. Para prevenir este daño, especialmente el de microorganismos, muchos papeles vienen dotados de antisépticos y fungicidas, como el borax, el naftol, carvacrol, timol, etc. La adición de estos productos puede ser tan importante para los papeles empleados con fines artísticos como cualquier otro elemento que potencie su duración a lo largo del tiempo.



ABRIR CONTINUACIÓN CAP. I





ABRIR PRIMERA PARTE



江戸名物綿画耕作

板本師彫刻

寛代より中興
うしろ
うしろ

寺尾嘉吉

4. CARACTERISTICAS DE LOS PAPELES DE DIBUJO Y ESTAMPACION

Hasta el momento hemos estudiado el papel como elemento independiente, separado de aquello que es lo que generalmente da sentido a su permanencia: las tintas.

Es evidente que, en la mayoría de ocasiones, al papel se le asigna la función de mero soporte o "elemento sustentante" de los materiales pictóricos, con los que el artista plasma su ideas y conceptos, dado rienda suelta a la creatividad que generará la obra de arte¹.

Pero también es bien conocida la importancia de la adecuación entre soporte, elemento tintóreo y técnica empleada, y cómo la configuración y características del primero, en nuestro caso el papel, mediatizan la forma que llega a adoptar la capa pictórica y la obra de arte en su conjunto. Todo artista conoce sobradamente que la armonía entre tinta y soporte determina la calidad del producto final, sea dibujo, pintura o estampa.

Por otro lado, la conservación de la obra artística parte de la unidad del todo conformado por la interrelación entre el soporte, las tintas y las técnicas. Una tinta muy permanente y un soporte muy estable, pero incompatibles entre sí o vinculados mediante una técnica inadecuada pueden ocasionar grandes

¹ Una excepción de la importancia predominante de las tintas son las estampaciones de relieves o "gofrados", donde las modificaciones superficiales realizadas mediante "el moldeo" del papel sustituyen a los elementos tintóreos, haciendo que la técnica de la estampación se convierta, casi, en una técnica escultórica.

desastres para la conservación futura de la obra de arte. Pensemos, por ejemplo, en las posibilidades de conservación de un carboncillo (pigmento paradigmático por su estabilidad) realizado sobre una lámina de "papel poliéster", elemento con las mejores posibilidades de conservación, pero cuyas cualidades (superficie pulida, atracción estática) hacen que tienda a "rechazar" cualquier pigmento suelto.

En nuestra investigación vamos a tratar el papel individualizado del resto de elementos que constituyen la obra de arte, pero no porque olvidemos la importancia de cada uno de ellos, sino por la complejidad del problema, que obliga a acotar los objetivos.

Ahondar en el tema del papel no tendría ningún sentido si se separa de otra investigación sobre la permanencia de las tintas y la adecuación de estas a los soportes. Como se ha señalado al comienzo de esta Tesis, sólo pretendemos ampliar este punto, que nos parece en ocasiones descuidado y minusvalorado, como complemento y aportación a las investigaciones sobre la conservación de la obra artística en su totalidad.

Aclarados estos conceptos, no queremos dejar de incluir unas simples indicaciones sobre adecuación entre soporte y elemento tintóreo, según sea la técnica empleada, entendiendo que una investigación sobre este tema, no tanto desde el punto de vista artístico, más explorado, sino desde su influencia en la preservación de la obra, es un trabajo que aún no está zanjado.

4.1 SOPORTES DE PAPEL PARA ESTAMPACION

Una magnífica relación de las características exigibles a un papel como materia para la impresión se recoge en el II Congreso Internacional de Investigaciones Gráficas, celebrado en Suecia en 1953, donde, en síntesis, se indicaron las siguientes cualidades (Keim, 1966, 405):

- Capacidad de absorción de la cantidad exacta de tinta en los sitios deseados
- No influir perjudicialmente en el secado de la tinta
- Tener lisura y porosidad acorde con la tinta de imprenta y los ligantes
- Propiedades ópticas (color, brillo y opacidad) adecuadas
- Propiedades de rigidez (comprensibilidad y elasticidad)
- Solidez y resistencia contra el repelado y empolvado
- Estabilidad dimensional
- Propiedades químicas que no influyan negativamente ni en la solidez, ni en el color de la figura, ni en la matriz ("clisé")
- Carecer de fibras sueltas y polvo
- No ejercer efectos abrasivos
- No tener excesiva predisposición a cargarse estáticamente

Estas propiedades, referidas principalmente a los papeles de impresión industrial, también nos sirven de guía en el caso de la impresión artística.

Como vemos, muchas de las cualidades exigidas al papel están en dependencia de la tinta, y es que para la estampación se requieren dos elementos inseparables: la tinta y los soportes sobre las que se aplican. . Sólo cuando los soportes se han elegido de forma adecuada es posible conseguir buenos resultados tanto en la impresión artística como industrial.

Las tintas para estampar están obligadas a reunir cualidades muy especiales: deben ser aplicadas y permanecer invariables sobre unas planchas o matrices, desde las que son traspasadas a otro soporte de distinta naturaleza que las recibirá y retendrá hasta su endurecimiento e inclusión total.

Pero si las tintas requieren especiales cualidades, igualmente sucede con el soporte que las recibe, sobre todo si se pretende obtener una apropiada réplica de la imagen grabada. **Las características receptoras y la textura son los aspectos más determinantes del papel** para conseguir plasmar sobre este la originalidad que el artista grabador quiso "imprimir" a su obra.

Los cuatro principales procedimientos de impresión: en relieve, en hueco, en plano y por calado, poseen enormes variedades y modalidades que el artista conjuga de acuerdo a sus pretensiones. Para ello hace uso de medios e instrumentos muy distintos que le permiten realizar y obtener la "matriz" con la que finalmente, sólo o con la colaboración del artista estampador, obtendrá la estampa: la obra final. Es en este momento cuando el artista grabador considera la importancia de elegir un buen soporte cuya apariencia externa determine, junto con las tintas, los efectos deseados.

Y el papel es, en este caso, el material por excelencia. De la misma forma que se considera el trampolín que favoreció el desarrollo de la imprenta, también fue el papel el soporte que resolvió las dificultades de estampación relativas a todas las facetas impresoras en donde predominan los aspectos

artísticos. La divulgación de las impresiones xilográficas y de la propia imprenta son otros tantos logros de la manufactura del papel¹.

La razón de todo ello son las posibilidades casi ilimitadas, tanto en sus aspectos superficiales como estructurales. Es, por tanto, el soporte más utilizado y en el que todo estampador podrá encontrar la solución que busca: diversidad de tamaños y grosor, flexibilidad, blancura o coloración variada, capacidad absorbente y retentiva de las tintas, texturas que permiten acabados perfectamente lisos o de rugosidad indescriptible, moldeable hasta el punto de conseguir relieves de particular interés gráfico, etc. y, sobre todo, y no menos importante, es de fácil manufactura y bajo precio².

Aunque cada técnica de impresión, como veremos más adelante, precisa un papel con características específicas, en terminos generales podemos establecer una serie de conceptos y puntos de partida.

Como papeles baratos y para pruebas iniciales, se pueden emplear desde los papeles para multicopista hasta el papel de prensa, de envolver, etc.

¹ El retraso de la aparición de estas técnicas en Europa se debe a que el pergamino europeo no estaba dotado de las cualidades del papel oriental, en donde la estampación era habitual con varios siglos de anticipación.

² Cuando el artista desea un papel con cualidades muy especiales, tiene la alternativa de recurrir a los papeles hechos a mano, que se pueden realizar bajo pedido. Entonces el artesano paplero juega con el tipo de fibras, su longitud y refino, dimension de la formadora, sayales que con el prensado den al papel el grano o superficie solicitada, encolantes con variadas características, aplicados en masa o superficie, etc. Siguiendo las indicaciones del cliente se consigue el papel "a medida" idóneo para plasmar mediante la estampación la idea que el grabador ha tenido presente durante la ejecución de su trabajo en la plancha matriz. Pero la mayoría de las veces no es necesario llegar a estas soluciones tan personalizadas, ya que en el comercio se pueden hallar múltiples soportes capaces de adaptarse a las intenciones más caprichosas.

Para trabajos más definitivos habrá que tener en cuenta los aspectos que pasamos a mencionar:

La **blancura o el color superficial** del soporte interviene muy directamente en los efectos cromáticos de la obra, por el juego con el tono de la tinta o por la posibilidad de obtener blancos y semitonos.

Un aspecto que dificulta el buen acoplamiento del papel con la plancha impresora son las **desigualdades de grosor**. Por ello se recomiendan normalmente papeles uniformes, sólidos y compactos, que permiten su adaptación total a la matriz.

La **superficie del papel** tiene mucha influencia en el aspecto final de la impresión, pues si es irregular o con mucho grano las líneas aparecen indefinidas y discontinuas, el trazo queda roto y el aspecto de la estampa termina resultando débil y apagado. Las superficies irregulares sólo pueden dar lugar a impresiones irregulares, aún haciendo uso de papeles muy blandos y tintas muy fluidas. Por esto en muchas ocasiones, se prefiere usar papeles que, gracias al calandrado, tienen un alisado muy regular, los poros cerrados y escaso grano.

La **mayor nitidez** se obtiene con papeles lisos, satinados y medianamente encolados, con la necesaria regularidad superficial para captar bien la imagen a reproducir, y con la consistencia necesaria para soportar la presión del tórculo, o cualquier sistema de prensado, sin sufrir deformación o rotura. Cuanto mayor es la lisura mejor se pueden reproducir los detalles, pero

también conviene evitar los papeles excesivamente satinados y brillantes, pues repelen la tinta y con el prensado se puede correr la imagen¹.

La absorción o impregnación de las tintas en el papel está condicionada por el **encolado**. Los papeles blandos y poco encolados, admiten tintas muy fluidas que penetran con facilidad entre los poros abiertos, los papeles más absorbentes admiten tintas suaves y transparentes, mientras que en los duros, satinados o estucados las tintas deben tener buen poder de recubrimiento.

Una última característica es la **acidez** del papel, en el caso de papeles ácidos, que rebasan 5 de pH, se pueden ocasionar reacciones químicas con el cobre presente en distintos utensilios empleados en la impresión. Por el contrario, en papeles muy alcalinos se retrasa el secado por la oxidación de algunos tipos de tintas.

Como conclusión, podemos afirmar que toda **estampación** está directamente mediatizada por las características de la superficie sobre la que se imprime, debido principalmente al grado de compatibilidad con la tinta empleada.

No pueden emplearse papeles y tintas iguales para reproducir estampas xilográficas, grabados calcográficos, litografías y serigrafías. Cada uno de estos procedimientos posee particularidades que requieren elementos distintos o específicos.

¹ Este es un problema que plantean los papeles estucados, que aunque permiten impresiones más nítidas mediante técnicas industriales, los resultados en el campo de la estampación artística no son tan óptimos como sería deseable porque el estuco elimina las propiedades absorbentes del papel, y exige tintas de secado muy rápido. Otro problema añadido es que muchos de los recubrimientos que emplean estos papeles (por ejemplo caolín) son solubles en agua.

Respetando la creatividad inherente a la creación de toda obra gráfica, los papeles considerados más idóneos según las distintas técnicas de impresión son los siguientes:

A) Papeles para impresiones en relieve

Como impresión en relieve entendemos la "imagen transferida desde una superficie saliente y entintada a una hoja de papel u otra superficie" (Dawson, 1982, 50). La técnica tradicional de impresión artística en relieve es la xilografía (matrices de maderas naturales y preparadas, como contrachapados, aglomerados, etc.), aunque actualmente tienen gran importancia el linoleo y otros materiales industriales (planchas y láminas de plásticos y resinas sintéticas en general).

Esta clase de impresión admite todo tipo de papeles, aunque los más empleados se caracterizan por ser de superficie blanca y lisa, normalmente calandrados. También es importante que sean papeles fuertes (sobre todo en el caso de que se imprima bruñiendo a mano) y absorbentes.

No son necesarias fibras largas aunque sí un ligero apresto en masa, que regule la absorción de las tintas.

El encolado debe ser acorde al tipo de tinta empleada para imprimir. Por ejemplo, en el caso de tintas muy fluidas no deben emplearse papeles semiencolados porque impiden la excesiva absorción del barniz, que al separarse de los pigmentos ocasiona el "engrasado" de los trazos restando nitidez a la impresión.

Para la reproducción de los detalles más finos en las impresiones en relieve es importante que el papel tenga buena lisura, para aumentar la nitidez también son recomendables los papeles blandos y flexibles.

Los papeles más empleados son los de pasta química, obtenida de coníferas (pinos) y latifolias (eucaliptus). Su fortaleza y blancura permite una amplia gama de acabados, entre los que es fácil encontrar superficies con el brillo y textura deseado.

En tiradas menos clásicas se emplean papeles con superficies lisas, blandas y absorbentes, con las que se obtienen estampaciones muy particulares por su brillantez, utilizando tintas especiales, con cuerpo, que aporten luz y dureza a la estampa.

Como se ha dicho, los **papeles estucados** y con revestimiento no suelen dar buen resultado por la dificultad de controlar el prensado y el secado, lo que ocasiona irregularidad en la impresión e incluso emborronamientos por la poca absorbencia del papel. Sin embargo, estas anomalías son a veces controladas para obtener impresiones modernas en las que el fuerte estucado y la lisura "cristal" proporciona resultados muy satisfactorios.

Dentro de este grupo, los papeles tipo **cuché** presentan superficies muy uniformes y un satinado muy regular, pero el brillo que los caracteriza es muy sensible a la humedad y acaba tornándose grasiento con desventajas para recibir la impresión.

El llamado **papel prensa** tienen el problema contrario, al ser muy absorbente por la falta de encolado carece de resistencia por lo que sólo es recomendable para pruebas.

Los papeles para **estampa japonesa** se identifican con los empleados para técnicas húmedas o aguadas: con poco encolado y con buena estabilidad dimensional para mantener el ajuste de los registros frente al humedecimiento parcial.

B) Papeles para impresiones en hueco

Al hablar de impresiones en hueco nos referimos a aquellas obtenidas a partir de la incisión de un diseño en una plancha pulida, generalmente metálica (calcografía), de modo que al entintar su superficie la tinta se deposita en las incisiones de las que luego se trasfiere al papel.

Las técnicas tradicionales son la incisión directa mediante el buril, punta seca, ruletas, manera negra (mezzotinta), monotipia, o la incisión indirecta mediante ácidos, como es el caso del aguafuerte, barniz blando, aguatinta (resina, al azucar, a la sal) y al azufre. Hoy en día se emplean nuevas técnicas, como el gofrado, muchas de ellas fruto de la experimentación con modernos materiales industriales (carborundum, soldadura, molde en relieve, recubrimiento electrolítico, etc.).

Para que el papel sea capaz de extraer la tinta de los huecos de la plancha debe tener buena capacidad de mojado y ser blando y flexible,

también es necesario un encolado débil, con el fin de que la tinta sea absorbida y seque rápidamente. Una absorción excesiva (papel sin encolado) podría resultar perjudicial al obstaculizar la volatilización de los disolventes de la tinta, mientras que un papel muy encolado dificultaría el secado de la tinta al impedir su penetración.

La capacidad de absorción del papel termina siendo el requisito fundamental de los papeles de impresión en hueco, de ahí la importancia de que los papeles no se encolen fuertemente con gelatina. A no ser que la gelatina sea escasa será necesario empapar completamente el papel en agua antes de su uso, para potenciar la absorbencia restada por este tipo de encolado.

Los papeles con estucados, recubrimientos o encolados que anulen la necesaria absorbencia para recibir la tinta no son válidos. Lo más preferible son los muy versátiles, preparados con aprestos en baño de gelatina muy diluida.

El papel que mejor responde a la impresión en hueco, tanto en las técnicas más clásicas como en las modernas, es el **papel manufacturado con fibras liberianas y textiles** (algodón , lino, cañamo, esparto, etc.). Su longitud y fortaleza son la mejor garantía para aprehender la tinta que retienen los surcos obtenidos por procedimientos directos (secos) e indirectos (con ácidos).

La mezcla de trapos con pastas de madera es aceptable, frente la dureza que por lo general presentan los papeles que solamente utilizan pasta química de maderas no resinosas y de especies arbóreas de rápido crecimiento (chopo, álamo, eucaliptus, etc.).

No es recomendable el acabado brillante ni con grano que ponga de manifiesto la dirección predominante de las fibras.

Son muy apropiados los **papeles pseudoverjurados** cuya fabricación industrial descarta las irregularidades de superficie y relieves que los corondeles originaban en los auténticos papeles hechos a mano¹. Una ligera coloración crema o ahuesada acompaña la buena prestancia de estos productos que tratan de imitar a los papeles más legendarios.

Para evitar en calcografía la habitual rotura que se produce en la huella de la plancha, se precisan **papeles que posean fibras largas y estén discretamente encolados**. La ligera humectación que precede a la estampación, será suficiente para facilitar el acomodo de estas fibras a las diferencias de nivel y anular el riesgo del clásico desgarró que se produce en las líneas que delimitan la huella.

Los papeles blandos, resistentes y de fibras largas son especialmente imprescindibles en las técnicas modernas de gofrado.

En correspondencia a la intensidad y nitidez del trazado a estampar existen papeles que por su aspereza ofrecen posibilidades muy apropiadas para tiradas en donde la superficie del soporte participa con especiales efectos, como se evidencia frecuentemente en las técnicas modernas.

¹ Los problemas ocasionados por la verjura de los papeles fabricados a mano, que si es muy marcada puede molestar estéticamente y ocasionar fallos en la impresión, fueron puestos en evidencia en el siglo XVIII, cuando muchos artistas e impresores se decantaron por el "papel vitela", caracterizado por su superficie lisa y uniforme, sin corondeles ni puntizones, gracias a su manufactura con una formadora de tela tejida (Crespo y Viñas, 1984, 4).

C) Papeles para impresiones en plano (planografía)

Las impresiones en plano se realizan dibujando sobre una superficie lisa de modo que sea la zona dibujada la que, tras el entitado, retenga la tinta de impresión, finalmente trasferida a un soporte.

La técnica planigráfica tradicional emplea como superficie la piedra, por lo que se denomina litografía. Actualmente también se trabaja sobre láminas metálicas, sobre todo cinc (zincografía).

Para ambos tipos de técnica se requieren papeles muy lisos, poco absorbentes y bien encolados, cuya superficie cerrada permita la adaptación a la cara plana y rígida de la piedra o metal. Lo habitual son los papeles de pasta química de madera, muy calandrados, de superficie muy resistente, y con buena buena estabilidad dimensional. Uno de papeles más empleados, por reunir estas características y resultar bastante económico, es el papel Cartridge blanco¹.

La lisura de los papeles para técnicas litográficas es una característica importante si se pretende una buena nitidez, por esta razón muchos papeles para litografía utilizan aprestos de almidón y recubrimientos de arcillas.

Los papeles hechos a mano son muy recomendados para técnicas directas ya que tienen un aspecto muy atractivo, principalmente debido a su textura y

¹ El papel Cartridge se fabrica a partir de pasta química de madera; suele estar aprestado superficialmente con almidón, es fuerte, blanco, opaco, liso por ambas caras pero no satinado, de superficie resistente y bastante estable ante los cambios de dimensión. Se considera muy adecuado para dibujos e impresiones.

bordes barbados. Pero estas ventajas apenas tienen importancia frente al problema que se plantea si se pretende realizar con ellos impresiones a color; en este caso, su gran tendencia a la dilatación puede dar lugar a problemas de registro. Aún así, existen algunos papeles fabricados a mano de buena estabilidad dimensional (papeles de algodón).

Las técnicas cromolitográficas (planigrafías mediante varias planchas con color) se han empleado mucho para la elaboración de carteles; en este caso, dada la intencionalidad de la obra como algo efímero y económico, el soporte prioritario ha sido el papel de prensa, satinado y elaborado con pasta mecánica, lo que ocasiona su rápido amarilleamiento y fragilidad, potenciadas por grandes formatos realizados sobre soportes de escaso gramaje.

D) Papeles para estampaciones por calado

Las estampaciones por calado son aquellas que se realizan empleando una plantilla perforada sobre la que se hace pasar la tinta, de manera que el diseño queda depositado sobre el soporte al traspasar las zonas con huecos.

La técnica más difundida dentro de la estampación artística es la serigrafía, caracterizada porque la plantilla es la trama de una tela muy fina, sujeta a un bastidor, en la que se impermeabilizan las zonas que no deben ser traspasadas por la tinta.

Esta técnica es la menos exigente con las condiciones del soporte. Se puede emplear cualquier tipo de papel, siempre que sea acorde con la

tinta. De hecho existen serigrafías en los más variados materiales, texturas y acabados, como tela, madera, chapa, plásticos y vidrio.

Esta circunstancia se debe principalmente a la versatilidad de las tintas y a la posición estática del soporte en el momento de recibir el entintado.

En cualquier caso, el problema más importante en esta técnica es la frecuente necesidad de rapidez en el secado de las tintas, problema que requiere especial atención cuando existe superposición o cuando se emplean papeles de nula absorción, que requieren larga suspensión para lograr el secado total y evitar emborronamientos.

La combinación de tintas y papeles con mucho brillo o mates, permite conjugaciones de singular efecto artístico.

4.2. SOPORTES DE PAPEL PARA TECNICAS HUMEDAS

Entendemos como técnica húmeda, o aguada, toda técnica pictórica que emplea un pigmento diluido en agua, tanto si el aglutinante es un adhesivo vegetal, tipo goma arábiga o una cola animal (acuarela, témpera, tinta china), como si es a base de albúmina (temple) o de elementos sintéticos (acrílicos). La característica común de todas estas técnicas es que los pigmentos se pueden diluir o dispersar en agua y ser aplicados con pincel por medio de lavados o con un instrumento escriptórico para producir líneas (dibujo lineal).

Debemos tener en cuenta **cuatro cualidades** muy importantes a la hora de elegir un papel para pintar con técnicas a la aguada: su **peso** (gramaje), **color**, **textura** y **absorbencia**; las tres últimas características influirán en el aspecto final del trabajo realizado, mientras que la primera ha de tenerse muy en cuenta antes de realizar la obra si se emplea el lavado.

En este caso, los papeles de escaso peso deben tensarse previamente, pues al mojarse con los lavados se ondulan, debido a que las fibras se expanden, abombando la superficie. Para evitar este desagradable efecto, el papel debe humedecerse y, una vez dilatado, colocarse fijo sobre un tablero por medio de cinta adhesiva. Los papeles más pesados (a partir de 300 g/m²) no necesitan de este proceso y pueden clavarse sobre un soporte rígido, simplemente con chinchetas¹.

¹ Existen en el mercado tableros preparados que no necesitan tensarse, suelen constar de un papel ligero pegado a un cartón, en cuyo reverso va adherido un papel muy fino que impide las deformaciones al contrarrestar la tensión. En este trabajo no se ha tenido en cuenta este tipo de soporte por no corresponder con las características de un papel sino con las de un cartón.

El **color** es un elemento a tener muy en cuenta en el papel a emplear, pues debido a la transparencia de técnicas como la acuarela, el fondo influirá en los tonos de los colores aplicados, a la vez que queda visible en muchas ocasiones. Se pueden emplear papeles coloreados de fábrica, pero muchos artistas prefieren teñir sus propios papeles, ya que, generalmente, el tinte del papel comercializado no es tan permanente como la pintura aplicada sobre él.

Muchas veces los artistas se han preocupado de la "solidez" de los colores del papel, pero en pocas ocasiones se plantean la importancia de la **conservación de la blancura inicial**. Cuando se elige un papel de fondo claro es primordial que no amarillee con el tiempo, ocasionando la pérdida de las zonas claras de la obra y distorsionando los colores transparentes.

La **textura** del papel es de gran relevancia para las técnicas donde se aplica el color fluido, pues influye en la cantidad de fondo o blanco que se percibe; los papeles lisos se cubren pronto con el color, pero los granulados dejan motas blancas a través de los lavados, causadas por el relieve del papel al quedar el pigmento depositado en sus cavidades.

Según la textura, se distinguen tres tipos de papel: el papel prensado en caliente, el prensado en frío y el áspero o rugoso.

El **papel prensado en caliente** se denomina también H.P., es un soporte de superficie muy dura y lisa, especialmente indicado para trabajo lineal (la línea se seca de manera aguda y densa) y lavados, aunque en este caso la pintura puede correr de modo impredecible y muchos artistas lo consideran

demasiado resbaloso y brillante. Es un papel, más que nada, indicado para **trabajos de lápiz, tinta y pluma.**

El **papel prensado en frío**, C.P. o "no", es el más usado y generalmente el **más aconsejable.** Es apto tanto para lavados como para detalles finos y al ser semi-áspero y texturado permite efectos lisos o granulados, según el uso del pincel.

El **papel áspero** o de grano tiene una textura muy marcada, que provoca un efecto de moteado con lavados de color. Está especialmente indicado para expertos acuarelistas que puedan aprovechar esta característica.

Otra cualidad importante en los papeles para aguada es la **absorbencia**, que hace que los pigmentos, diluidos en el agua, se incrusten dentro de los poros del papel. Para las acuarelas se emplean generalmente papeles absorbentes con los que se consigue este efecto, aunque cuando se quiere hacer predominar la línea o los detalles, un exceso de absorción puede ser inadecuado al ocasionar el "corrimiento" de tintas.

En general, **el mejor tipo de papel**, tanto para la pintura con acuarela como para la mayoría de los elementos tintóreos, **es el papel hecho a mano**, por su cualidad de dilatar por igual en todas sus dimensiones y por la alta calidad de las materias primas que generalmente se emplean para su fabricación.

Los más apreciados son los de fibras de lino, cuando se busca la dureza, o los de algodón, si se prefiere la absorbencia y esponjosidad. En aras de la

permanencia es mejor que no esté blanqueado o, en caso contrario, que haya sido bien neutralizado.

Debe estar encolado en superficie al menos por una de sus caras, preferiblemente con cola animal. La cola animal es muy adecuada para el trabajo con acuarela, se aplica en la cara superior o "manchón" (anverso del papel) que suele ser mas blanda y absorbente¹.

Un tipo específico de papel hecho a mano es el **papel japonés**; es un papel muy absorbente, frágil, y especial para trabajos delicados. El papel japonés se fabrica con plantas que proporcionan fibras largas (morera, kozo, gampi, mitsumata y bambú); en el mercado se encuentran principalmente tres calidades, el Mitsumata, el Gambi y el Kozo, este último es el mejor para la acuarela por ser el más fuerte y elástico.

Para la témpera, caracterizada por su opacidad y mayor poder cubriente, es apto el mismo tipo de papel que para la acuarela, siempre que el gramaje sea acorde al grosor de la capa pictórica; por este motivo destaca el uso de soportes más gruesos, como el cartón, necesarios para mantener firme la superficie y evitar el cuarteamiento de la témpera cuando es aplicada muy espesa.

La textura del papel para la témpera varía según gustos, aunque no son recomendables los papeles excesivamente pesados y rugosos ni los muy lisos. También se usan soportes teñidos o coloreados, aunque el efecto no sea tan importante como en el caso de la acuarela, por la opacidad de la pintura.

¹ Este lado, el más indicado para realizar el trabajo artístico, se puede distinguir a simple vista porque al trasluz se aprecia la filigrana o "marca de agua" del fabricante en la posición correcta.

Se pueden emplear tableros y cartones preparados, como en la acuarela, pero en este caso lo ideal es que estén ligeramente desgastados por fricción, ya que las superficies excesivamente lisas no suelen dar muy buenos resultados. **Los cartones más idóneos son los ásperos sin encolar, o con una capa muy delgada de goma, para evitar que la pintura se hunda.**

El dibujo a tinta, donde es necesario conseguir la limpieza de las líneas, exige **papeles encolados**. Uno de los tipos de papel más recomendables es el Cártridge fuerte y grueso (27 K/m^2), pues acepta lavados y correcciones. También es aconsejable el papel fuerte de caligrafía y la cartulina Bristol¹.

En términos generales, no se emplean ni los papeles muy finos ni los muy porosos. Los papeles finos no suelen tener el apresto suficiente para impedir que la línea "se corra" o "se hunda", y los muy porosos, al empaparse, se ablandan y desfibran con la plumilla, obstruyéndola, aunque pueden emplearse si se evita el trazado de líneas finas y marcadas. Son recomendables las superficies alisadas (papel prensado en caliente) que por su dureza permiten el trazado con nitidez.

Un soporte muy empleado para el dibujo lineal a tinta (sobre todo dibujo técnico y cartografía) han sido los llamados "papeles vegetales" que, como ya se indicó, por su escasa permanencia, hoy en día se desaconsejan y están siendo sustituidos por "papeles de poliéster", auténticas láminas de resinas sintéticas que imitan perfectamente la textura, aspecto y transparencia del papel vegetal,

¹ La cartulina Bristol es un tipo de cartulina fabricada con varias capas, la interior suele ser de pasta mecánica y la exterior de pasta química. Es muy lisa, especial para trabajos de tinta y pluma. Se comercializa en distintos espesores, según esté hecha con dos, tres o más hojas.

con la ventaja de la gran resistencia al uso y al paso del tiempo, y por su cualidad de no alterar sus dimensiones por efecto de la humedad; esta última característica es muy interesante en el caso de dibujos a escala (cartografía) donde variaciones milimétricas pueden ser primordiales.

En el caso del temple, lo más normal es trabajar en tabla o lienzo, pero también se pueden emplear papeles sin imprimir, aunque se corre el riesgo de que los trabajos sean poco permanentes, por el desprendimiento de la capa pictórica.

Los acrílicos se pueden aplicar sobre cualquier papel fuerte, cartulina o cartón, tanto imprimados como sin imprimir. Lo más común es aplicar la pintura sobre un aparejo acrílico (dos o tres capas de medio acrílico con blanco de titanio fuerte), pero **el uso del papel como soporte no es muy frecuente** en este caso, por la deformación que se puede producir por el exceso de peso; si no se quiere aplicar la pintura directamente sobre el papel, por el riesgo a que se desprenda la capa pictórica, se puede dar una sola capa de medio acrílico y tensar el papel, sobre todo si es muy fino, para que no se deforme con los lavados.

Un soporte de "papel" de uso moderno es toda la gama de los llamados **papeles sintéticos o semisintéticos**, generalmente a base de fibras de poliéster que, además de ofrecer una gran permanencia, apenas sufren variaciones de tamaño; sin tener un aspecto excesivamente plastificado (se pueden lograr superficies similares a las del papel japonés) permiten, por su similitud, la adhesión a los aglutinantes de las pinturas sintéticas.

Los cartones gruesos también son un medio empleado para este tipo de tintas, se pueden cubrir con una imprimación acrílica o por emulsión, dejando las marcas de la brocha para que la pintura agarre mejor a la superficie; con esta misma finalidad también se puede adherir al cartón muselina, tela de algodón o lino mediante una pintura mate en emulsión.

4.3. SOPORTES DE PAPEL PARA OLEOS

Aunque el soporte más común de los óleos sea el lienzo también se puede usar el cartón y el papel.

Para apuntes de color y formatos pequeños se usa el papel liso normal, encolado con gelatina. El inconveniente es que el óleo sobre el papel tiende a desmenuzarse y desprenderse al cabo del tiempo, independientemente de la antiestética mancha grasa que suelen ocasionar estas pinturas. El más apto es el papel de superficie granulada, como el papel grueso de acuarela, sobre todo si se pega sobre un cartón y se encola con caseína. También se puede barnizar el papel por ambas caras con goma laca, pero con el peligro de que este adhesivo se oxide y amarillee al cabo de los años.

Se pueden emplear cartones laminados, fabricados a base de pasta de madera y residuos de papel, pero son quebradizos y no muy buenos. En este caso es más recomendable el cartón Essex, encolado por ambas caras o con una muselina pegada con cola.

Existen cartones preparados que simulan la superficie del lienzo, pero tienen una textura desagradable y un imprimado demasiado lustroso.

En general es idóneo cualquier cartón grueso, encolado por ambas caras, y reforzado para evitar su arqueamiento, su tono natural puede contribuir a crear un fondo agradable, pero la mayoría son muy poco permanentes, sobre todo ante el ataque de hongos y bacterias.

4.4. SOPORTES DE PAPEL PARA TECNICAS EN SECO

Llamamos técnicas en seco a aquellos elementos pictóricos que, aunque pudieron tener un disolvente en el momento de su fabricación, se aplican sobre el soporte de forma sólida (lápices, carbón, sanguina, pastel, tiza, ceras etc.).

La mayoría de estos elementos pictóricos, exceptuando las ceras y algunos lápices grasos, carecen de un aglutinante que adhiera sus pigmentos al soporte. Esto implica que la textura del soporte es primordial, y requiere una rugosidad mínima para que los pigmentos queden atrapados entre sus intersticios y no se desprendan con excesiva facilidad. Esta posibilidad será mayor cuanto más "blandas" sean las pinturas aplicadas, llegando al extremo de anularse prácticamente con el empleo de puntas duras, donde una superficie excesivamente rugosa puede ser contraproducente, al impedir el trazado de líneas nítidas.

En general, para el dibujo a lápiz, así como para el uso de otras puntas, son muy indicados los **papeles calandrados**, que han recibido el brillo mediante fricción.

Dentro de estas características un papel muy recomendado es el *Schoellers*, que además de ser químicamente permanente resiste varios borrados, e incluso raspados, sin que se ocasione un cambio de textura.

Con el papel japonés, aún siendo más adecuado para pintura que para lápices o tizas, se pueden conseguir efectos de textura muy bellos.

Los tableros o cartulinas más empleados para el lápiz son la cartulina Bristol, muy lisa, el papel superline, de trapos, que se presenta en nueve tipos, desde muy fino para línea a tablero para acuarela, y el ya mencionado papel Cartridge, de superficie lisa, semilisa y áspera, que resulta muy útil pegado sobre una base de pasta o cartón.

Más específicamente, para lápices blandos se recomiendan los papeles lisos satinados, la cartulina Bristol y el papel marfil. Para minas duras son mejores los papeles de textura granulosa o texturados, como el papel para acuarela, el Cartridge áspero y el papel Ingres, blanco o de color.

Para el pastel y la tiza la textura y el color son dos factores muy importantes a la hora de elegir un soporte adecuado. La textura ocupa un lugar primordial, pues el papel debe tener el grano suficiente para poder "raspar" las barras de tiza o pastel y "atrapar" sus pigmentos. El color del soporte aportará el fondo sobre el que se construyan luces o sombras.

Al respecto sirven muchos papeles de acuarela y dibujo, siempre que sean fibrosos y granulados para recibir el pigmento, y blancos o teñidos, aunque, como ya se ha indicado, muchos artistas prefieren teñir sus propios papeles. Un tipo de papel muy adecuado es el papel Ingres, por su granulado definido, su agradable tacto, y su comercialización en varios colores.

También son adecuados los papeles blandos, de textura aterciopelada, y el papel avitelado para trabajos delicados.

Un buen recurso son los papeles de lija finos, pues retienen el pigmento entre sus dientes y poseen tonalidades marrones muy adecuadas. Se puede

preparar un papel de características similares a éste impregnándolo de engrudo, o mejor aún con un adhesivo más permanente, espolvoreándolo con polvo de piedra pomez antes de su secado final. A veces resulta útil favorecer la retención del pigmento empleando cartones a los que previamente se ha pegado una muselina.

Para el carbón y la sanguina valen prácticamente las mismas indicaciones que en el caso de los pasteles; será necesario un **papel de grano bastante marcado**, capaz de resistir frotados y borrados, aunque en el caso el carbón comprimido también dan muy buen resultado los cartones lisos.

El color del soporte también es importante porque puede contribuir a acentuar el tono negro del carbón.



Como punto de partida, debemos tener en cuenta que toda sustancia, orgánica e inorgánica está sometida a un constante proceso de transformación que concluye, antes o después, con su extinción material. Pero a pesar de este irremisible fin, determinados condicionamientos aceleran o frenan la llamada "ley de la caducidad".

Para abordar el tema de la estabilidad de los papeles de uso artístico, al igual que en el caso de cualquier otro material, es necesario conocer previamente cuáles son sus posibles causas de deterioro, así como los efectos provocados por cada uno de sus factores de degradación; sólo conociendo estas causas y efectos seremos capaces de evitar o prevenir alteraciones y daños.

La relación causa de deterioro/efecto de la alteración es compleja y múltiple: varias causas pueden generar el mismo efecto, a la vez que una misma causa da lugar a distintos efectos. Un efecto puede convertirse en causa de otro y la combinación de unos y otras ocasionar distintas alteraciones. Es más, muchas veces un determinado efecto lo será de la interacción de varias causas y el resultado diferirá de la mera suma de todas ellas; así, la relación entre causas y efectos depende de diversos factores que permiten combinaciones con resultados distintos.

A pesar de dicha complejidad, los estudiosos no se resisten a clasificar las causas de alteración, como si de entidades independientes se tratara. Pero

Cuadro 4 - Causas de destrucción de los materiales de archivos y bibliotecas (V.Viñas)

CAUSAS				SUS EFECTOS
Internas	Naturaleza	Vicios congénitos y predisposición hereditaria	Manufactura defectuosa Aguas no depuradas Materias ácidas Impurezas metálicas --- Papeles reutilizados Pasta de madera ---	Papeles quebradizos, triables Amarilleamiento Oxidaciones Manchas Deformaciones Acidificación
	Estructura	Incompatibilidad e inestabilidad	Componentes de las pastas papeieras Blanqueadores Encolados Aprestos Aditivos --- Cartientes Desgrasantes	Manchas Decoloración Deformaciones Agrietamiento Esiolación Desprendimiento en escamas Acidificación ---
Externas	Físico-Químicas	Circunstanciales	Terremotos Incendios Inundaciones Tránsidos ---	Suciedad Manchas Quemaduras Desgarros
		Ambientales	Clima y microclima: Polución atmosférica, Luz, Humedad, Temperatura... --- Estanterías de madera Edificio	Suciedad, Manchas Decoloración, Oxidación Deformación, Tintas emborronadas, Fuga de pigmentos Adherencia de hojas Enamobecimiento Insectos y microorganismos Rígidez y friabilidad Acidificación...
	Biológicas	Rodedores, insectos y microorganismos	Ratas y ratones Insectos bibliofagos Hongos y bacterias	Manchas Perforaciones Putrefacción ---
		El hombre	Guerras Uso Negligencia --- --- Restauración inadecuada	Suciedad de uso, manchas Pliegues y arrugas Cortas y desgarras Mutilaciones intencionadas Quemaduras --- Tratamientos con efectos secundarios perniciosos

aunque no deja de resultar una simplificación del problema, quizás la taxonomía es la única forma posible de entendimiento.

No debemos olvidar que, aunque separemos en espacios acotados las distintas causas de alteración con sus efectos, la individualización sólo supone una aproximación para abordar su estudio, ya que la realidad es mucho más compleja de lo que nosotros podamos representar.

Aclarado este punto, y siendo conscientes de las limitaciones implicadas en cualquier reduccionismo, podemos clasificar las causas de alteración según distintos criterios: en función de que sean de origen natural o accidental (V.Viñas, 1991), que provengan de agentes bióticos o abióticos (Kraemer, 1973), que actúen de forma habitual u ocasional, que provoquen efectos locales o generalizados, que provengan del propio objeto o de su medio (Browning, 1970; Crespo y V.Viñas, 1984; Roper, 1989), que sean de carácter físico, químico o biológico (Almela, 1956; V.Viñas y R.Viñas, 1988), etc.

Para nuestros objetivos, entendiendo que estudiamos las causas de alteración del soporte de las obras artísticas (el papel), y no la obra al completo (papel y tintas) lo más adecuado sería la siguiente división, adaptada de la propuesta por Crespo y V.Viñas (1984, 18 ss):

1.- **Causas de origen intrínseco** (aquellas que forman parte de la propia constitución del papel):

Pastas y fibras (1.1)

- Encolantes (1.2)
- Blanqueadores (1.3)
- Otros aditivos (1.4)

2.- **Causas de origen extrínseco** (las que provienen del medio que rodea al papel):

- Físico-mecánicas (2.1)
- Ambientales
 - Físico-ambientales
 - Temperatura/humedad (2.2)
 - Luz (2.3)
 - Vibraciones (2.4)
 - Químico-ambientales
 - Contaminación (2.5)
- Biológicas (2.6)
- Catastróficas (2.7)

1. LAS CAUSAS INTERNAS DE ALTERACIÓN Y SUS EFECTOS

Las causas internas de la alteración del papel de las obras artísticas son las que se encuentran en la naturaleza de los elementos que lo constituyen; es decir, en su materia prima. A juicio de Browning (1970) el responsable de ellas sería el fabricante.

Como elementos intrínsecos de alteración podemos considerar los que provienen de las fibras y pastas con que se fabrica el papel, los encolantes, los blanqueadores y otros aditivos.

1.1. LAS FIBRAS

Como vimos en el capítulo anterior, los papeles están formados principalmente por fibras y éstas por celulosa. La celulosa, principal componente del papel, es un elemento bastante estable pero, como toda materia orgánica, susceptible de degradación.

Aunque podamos entender esta "predisposición" al deterioro como causa intrínseca de alteración, para que se lleve a cabo es necesaria la acción de agentes externos (causas extrínsecas). Luz, temperatura, humedad, agentes químicos y biológicos pueden alterar la estructura de la celulosa, provocando el debilitamiento y amarilleamiento del papel, a partir de fenómenos como la oxidación y la hidrólisis.

Así, los daños más graves del papel son los que provienen de la alteración química de la celulosa, debido, principalmente, a dos fenómenos químicos:

- *Hidrólisis*, que forma parte de las reacciones ácido-base (reacciones ácido-base de hidrólisis) (Esteban y Navarro, 1988, 2, 235 ss).
- *Oxidación*, que forma parte de las reacciones de oxidación-reducción (Esteban y Navarro, 1988, 2, 240 ss)¹.

La *hidrólisis* se define como el "*desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya sea por exceso de agua, ya por la presencia de una corta cantidad de fermento o de ácido*" (R.A.E.). En efecto, reacciones ácidas (principalmente), la humedad (de modo indirecto) y los fermentos de algunos microorganismos son capaces de descomponer la molécula de la celulosa, ocasionando el desmoronamiento del papel.

La *oxidación*, es la transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante (R.A.E. Voz *oxidar*). En el caso de la celulosa, la oxidación rompe la cadena de glucosa por hidrólisis, transformándola en "*oxicelulosa*", molécula degradada con peores cualidades.

La oxidación de la celulosa se produce por el oxígeno y contaminantes del ambiente y por elementos que pueden encontrarse dentro del papel, como

¹ Para mayor comprensión de estas reacciones químicas, que aquí se describen en términos básicos y generales, remitimos a cualquier manual de química. El texto de la UNED (Esteban y Navarro, 1988), en el Capítulo 23: "Reacciones químicas", realiza una exposición clara y precisa de este tema.

residuos clorados, partículas metálicas, etc., estas últimas son catalizadores² que pueden dar lugar a un aumento de reacciones químicas, que revierten de nuevo en fenómenos de hidrólisis y oxidación.

Los productos de degradación de la celulosa, y de los otros elementos de las fibras (hemicelulosa y lignina), causados por la oxidación, pueden ser productos ácidos que a su vez también contribuirán a la mayor degradación del papel.

Como vemos, los fenómenos de hidrólisis y oxidación están relacionados con lo que se ha considerado como el **principal enemigo de las obras artísticas sobre papel: la acidez**, capaz de destruir las cadenas moleculares que componen las fibras, hasta la total desintegración y deterioro del soporte.

Un ácido en presencia de humedad puede descomponer la celulosa, el fenómeno se denomina con el nombre de hidrólisis ácida. La acidez puede provenir de la propia constitución del papel o de agentes externos, como las tintas o la contaminación ambiental².

La ruptura de la celulosa, ocasionada por la penetración del ácido entre las fibras, supone el deterioro de la resistencia mecánica del papel. Cuando la celulosa se queda con 200-250 monómeros³, el papel se descompone al tacto

¹ Catálisis es la *"transformación química motivada por cuerpos que al finalizar la reacción aparecen inalterados"* (R. A. E.).

² Los ácidos reaccionan con la celulosa; en un principio se forma una unión compleja y rápida entre un ión de hidrógeno y un átomo de oxígeno de la cadena polimérica. Después se terminan produciendo, lentamente, las reacciones de ruptura de la cadena molecular.

³ Para comprender el alcance de estas cifras, debemos tener en cuenta que en la celulosa del
(continúa...)

(Peterson, 1989, 165). Como punto de comparación, Colom y García (1994, 148) recomiendan un grado de polimerización mínimo de 1000 a 1200.

Otro problema diferente de la celulosa, como causa de alteración, es su propensión a ser atacada por agentes que en el campo de la restauración del documento gráfico llamamos "**bibliófagos**": la celulosa por ser un hidrato de carbono, termina siendo un buen sustrato para muchos microorganismos y fuente de alimentación de muchos insectos.

A pesar de lo dicho hasta ahora, no debemos olvidar que la celulosa, por sí misma, es un elemento bastante estable, que precisa de agentes externos para su descomposición. El deterioro intrínseco del papel suele provenir de otros componentes, que no sólo se "autodegradan", sino que fomentan o propician la alteración de los demás.

Dentro de las fibras vegetales, el elemento más dañino para la conservación es la lignina. La lignina se encuentra en bastante cantidad en la madera, y es uno de los elementos que más contribuye a la acidificación y oxidación, manifestadas posteriormente en el amarilleamiento del papel¹.

³(...continuación)

de celulosa con 800-1600 monómeros (Keim, 1973, 15 y Tabla 2) o, en un sentido más amplio, de 500 a 2000 (Peterson, 1989, 165).

¹ La degradación de la lignina genera ácidos responsables de la hidrólisis de la celulosa (Dereau y Clemens, 1988, 18). La lignina, material fácilmente oxidable también, produce peróxidos que en presencia de catalizadores dan lugar a radicales libres que rompen los enlaces carbono-carbono (Williams, 1979, 82 y 86).



Fig. 40 - Desintegración del papel ácido

El motivo por el que se considera a la lignina como la mayor causa del amarilleamiento de los papeles de pasta mecánica es por su gran sensibilidad a los efectos de oxidación derivados de las radiaciones lumínicas (Colom y García, 1994, 252).

La pasta mecánica de madera mantiene la lignina dentro de su estructura; por esta razón y por sus fibras cortas, irregulares, quebradizas, duras y de fácil amarilleamiento es nefasta para la futura conservación del papel.

La pasta química de madera puede llegar a tener muy buenas características, pues en su manufactura se consigue la eliminación de la lignina. A pesar de todo, algunos procesos industriales de obtención de la pasta de

celulosa pueden originar efectos degradantes e inestables, principalmente cuando por un mal lavado permanecen en el papel residuos químicos empleados en la manufactura, sobre todo en el caso de procesos de signo ácido.

A pesar de ello, algunos autores establecen una mayor estabilidad para las pastas al sulfito (proceso ácido) que para las pastas al sulfato (proceso alcalino) (Colom y García, 1994, 249).



Fig. 41 - Amarilleamiento del papel por causas intrínsecas (Fot. gentileza I.C.R.B.C.)

1.2. LOS ENCOLANTES

El encolado del papel contribuye, en sí, a la permanencia del papel, ya que lo hace más resistente a los efectos de la humedad (Colom y García, 1994, 253); otra cuestión es si los encolantes empleados son o no adecuados.

Los adhesivos naturales (colas, engrudos y almidones) no ocasionan graves problemas. El mayor inconveniente es ser sensibles a las condiciones climáticas (peligro de alteración por humedad) y tener propensión al ataque de insectos y microorganismos (Crespo y Viñas, 1984, 80).

Algunos tipos baratos de colas caseínicas y derivadas de almidones pueden producir reacciones ácidas (Kraemer, 1972, 72-73), pero este problema no suele ser habitual actualmente. Los verdaderos problemas los plantea el encolado con **alumbre colofonia**, considerado por muchos autores como *"el principal agente del proceso de acidificación del papel"* (Cunha, 1988, 4; Kraemer, 1973, 72).

El alumbre es un sulfato de aluminio que se emplea para precipitar los encolantes sobre las fibras vegetales (colofonia) o animales (gelatina), permitiendo el encolado en masa.

La colofonia es una resina obtenida de la destilación de la trementina, que aumenta la resistencia del papel al agua y facilita el empleo de tintas fluidas. Por su gran tendencia a la oxidación y acidez causa amarilleamiento y pérdida de resistencia, sobre todo al plegado (Colom y García, 1994, 250; Crespo y Viñas, 1984, 5).

Estos problemas se acrecientan cuando se combina con el alumbre, una sal ácida que con el agua puede llegar a formar ácido sulfúrico y provocar el deterioro de la celulosa mediante hidrólisis. Cuando el alumbre se diluye en el agua, comienza a causar una reacción ácida, capaz de destruir la reserva alcalina del papel y de atacar las fibras de la celulosa antes de que se haya formado la hoja.

El alumbre también puede transformar los contaminantes atmosféricos en ácidos fuertes (Dereau y Clements, 1988, 18) y, por ejemplo, producir reacciones nefastas al reaccionar con los cloruros, formando cloruro de aluminio, que junto con humedad y calor puede transformarse en ácido clorhídrico (Flexes, 1977, 23-24).

La única ventaja del empleo del encolado con alumbre-colofonia para la conservación del papel es que ambos elementos actúan como germicidas (Kraemer, 1972, 72 ss).

La alternativa actual son las colas sintéticas, generalmente de buen comportamiento; las de urea-formol y las de melanina hacen al papel muy resistente a la humedad (Kraemer, 1972, 72). Por su gran estabilidad, se han recomendado las resinas sintéticas neutras, entre ellas el Kymene y Acuapel (Church en *The Virginia State Library*, 1960, 19 ss y 46; Williams et al.) y el Resicart (Fernández Avilés, 1982, 269). Los ligantes artificiales, como la carboximetilcelulosa, también suponen una buena opción por sus buenas características de permanencia (Crespo y Viñas, 1984, 80)¹.

¹ Para otros adhesivos sintéticos y artificiales adecuados véase R.C.M. (1991).

1.3. LOS BLANQUEADORES

La mayoría de los productos blanqueadores decoloran mediante procesos químicos de oxidación, por lo que al blanquear las pastas, generalmente de madera, oxidan las fibras de la celulosa, potenciando el futuro amarilleamiento y desintegración del papel. Los reactivos residuales del blanqueo también pueden propiciar la acidificación. Estos efectos nocivos pueden ser neutralizados, por lo que su inadecuación dependerá de la calidad y cuidado de los procedimientos empleados.

El blanqueo con derivados del cloro es el más perjudicial: es el proceso con mayor poder de oxidación y genera residuos que muchas veces no son eliminados; estos residuos son los que con el tiempo deterioran la celulosa al propiciar, por ejemplo, la formación de ácido clorhídrico. En términos generales, **las pastas blanqueadas con bióxido de cloro resultan más permanentes que las blanqueadas con hipoclorito.**

Controlando la buena neutralización de los oxidantes, un ligero blanqueo de las pastas puede resultar beneficioso ya que estos productos contribuyen a la eliminación de la lignina.

Esto concuerda con el hecho de que las pastas de madera ligeramente blanqueadas son mejores que las pastas sin blanquear (ANSI, 1984,8) y las completamente blanqueadas (Colom y García, 1994, 249).

1.4. OTROS ADITIVOS

Las cargas de los papeles tienen poca importancia como elementos de degradación, al contrario, muchas de ellas (las alcalinas) prolongan la vida del papel.

Efectivamente, algunos elementos alcalinos pueden resultar beneficiosos al contrarrestar los problemas de la acidez¹, esto es lo que ocurre, por ejemplo con los residuos de carbonato cálcico que permanecen en los papeles antiguos cuyas fibras fueron maceradas con cal. Los componentes del papel capaces de neutralizar los ácidos procedentes del envejecimiento natural y de la polución atmosférica reciben el nombre de "reserva alcalina" (ANSI/NISO 1992, 1)²

Otros aditivos que se pueden añadir para favorecer al papel son fungicidas e insecticidas, absorbentes de radiaciones ultravioletas, etc. Algunos elementos, como el sulfuro de cinc, tienen la capacidad de absorber determinadas radiaciones, evitando su acción sobre la celulosa.

El tipo de cargas que pueden estar presentes en un papel es tan elevado que, para describir sus posibles alteraciones, tendríamos que estudiar por separado cada una de ellas.

¹ Williams (1979) demostró cómo los ácidos generados por el papel podían ser neutralizados mediante una reserva alcalina, sobre todo si el papel carecía de trazas metálicas.

² En el original: "A compound (e.g., calcium carbonate) in paper that neutralizes acid that might be generated from natural aging or from atmospheric pollution", es decir "un componente (p. ej. carbonato cálcico) del papel que neutraliza los ácidos que pueden ser generados por el envejecimiento natural o por la polución atmosférica".

A este respecto destacan los problemas planteados por los blanqueantes ópticos que con el tiempo resultan nocivos para el papel al adolecer de estabilidad ante la luz, por lo que algunos colectivos limitan su uso en papeles que deban estar dotados de una buena estabilidad¹ (ASTM, 1986,3).

En términos generales estos elementos, aunque aumentan inicialmente la blancura del papel, son muy sensibles al calor y a la luz, y pueden alterar la celulosa por termodegradación o por fotosensibilización (Leclerc, 1992, 18).

Un caso especial, en cuanto a cargas se refiere, es el papel estucado o papel cuché; este papel posee un recubrimiento superficial elaborado con una arcilla blanca y fina, generalmente caolín, que se sitúa a modo de capa exterior, con el fin de proporcionar una superficie muy compacta y satinada, con vistas a mejorar las impresiones mecánicas. En esta ocasión, aunque la carga no sea inestable, el papel será sumamente sensible a la humedad, capaz de disolver y aglutinar esta carga (Crespo y Viñas, 1984, 6-7).

Respecto a los colorantes, los de tipo ácido son perjudiciales, por su naturaleza y por precisar de un mordiente, como el alumbre, que los une a la celulosa. Los colorantes básicos no suelen ocasionar problemas y los directos pueden incluso proteger la celulosa.

Una causa de deterioro, muchas veces accidental, es la inclusión entre las fibras del papel de pequeñas partículas metálicas (hierro, cobre, cobalto,

¹ También pueden resultar perjudiciales para la salud humana, como agente cancerígeno; por ésto su empleo está prohibido en papeles para uso alimentario.

manganeso, etc.)²; éstas pueden proceder del agua empleada (aguas ferruginosas) o del desgaste de la propia maquinaria.

Las partículas de metal se incrustan entre las fibras del papel y, con el tiempo, y en presencia de humedad, se oxidan, dando lugar a pequeñas manchitas caracterizadas por contener un pequeño núcleo metálico en su centro. Estas partículas metálicas, además de los efectos de oxidación, también pueden fomentar la acidificación del papel, al actuar como catalizadoras del dióxido de azufre (Williams, 1979).

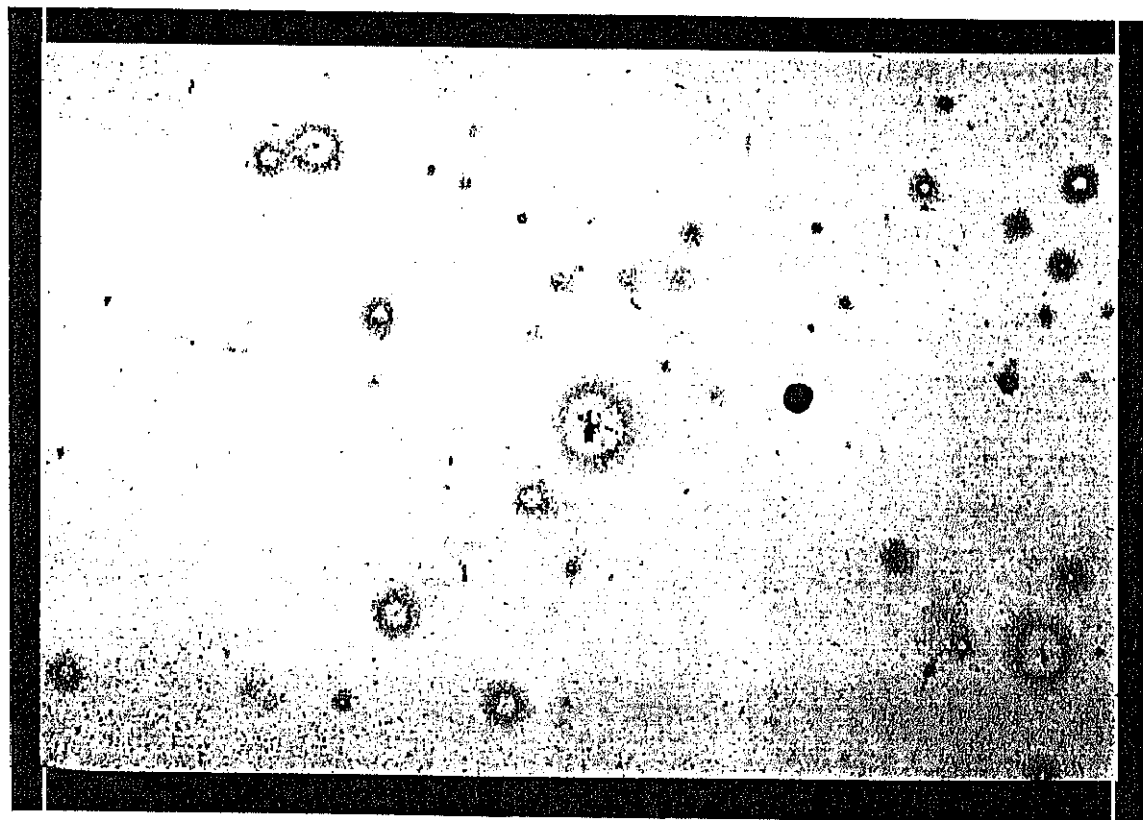


Fig. 42 - Detalle de papel alterado por oxidación de partículas metálicas

¹ Un estudio bastante completo de este problema, junto con el de algunos de los efectos del blanqueo, aparece en la obra de Williams et al.: "Los catalizadores metálicos en la degradación oxidativa del papel", 1977.

1.5. EL AGUA

Aunque normalmente el agua, imprescindible en el proceso de fabricación, no suele considerarse nociva en términos generales, no faltan investigadores que llaman la atención sobre los requisitos a cumplir por este elemento para que no contribuya a una causa más de degradación endógena.

Según Keim (1966, 53), para que el papel sea un producto de buena calidad, el agua debe ser muy limpia (preferentemente de manantiales), clara, incolora, no tener materiales en suspensión ni sedimentos (impurezas metálicas), tampoco hierro, manganeso o materias orgánicas y debe tener la menor dureza posible.

En efecto, la dureza del agua aumenta el amarilleamiento posterior, disminuye la velocidad de refino de las semipastas, dificulta el encolado y conlleva un mayor consumo de alumbre, influyendo en los colorantes (enturbia el color de los ácidos y, en los básicos los deja con un aspecto untuoso).

Hierro y manganeso aumentan asimismo el amarilleamiento posterior, descomponen la celulosa durante el blanqueo por efecto catalítico y colorean al papel con tonos suaves.

Por otra parte, las sustancias orgánicas dificultan el blanqueo, aumentando el consumo de cloro; y las inorgánicas, como sulfatos, nitratos, sustancias calcáreas, hierro, aluminio, materias en suspensión minerales metálicas que endurecen el agua, también influyen negativamente en la coloración del papel.

1.6. CONCLUSIÓN:

HACIA UN PAPEL TEÓRICAMENTE ÓPTIMO

Tras lo expuesto y teniendo en cuenta los requisitos sobre el agua, se puede concluir que el **papel con menos propensión al deterioro será el fabricado con fibras de origen no leñoso**, compuestas esencialmente por celulosa (por ejemplo algodón y lino), **con encolado neutro o alcalino y reserva alcalina**. Estas características son las de un soporte de muy buen comportamiento físico/químico, cuyos principales problemas derivarían del ataque biológico.

Los antiguos papeles de trapos se acercaban bastante a este modelo, con fibras de trapos, reserva alcalina por la maceración con cal, y encolado químicamente aceptable.

Los papeles modernos de pasta de madera podrían cumplir muy bien estas características, sustituyendo las fibras de origen no leñoso por pastas químicas, pero muchos papeles actuales, según su calidad, poseen elevados niveles de lignina (pasta mecánica) y la mayoría sigue encolándose con alumbre/colofonia.

2. LAS CAUSAS EXTERNAS DE ALTERACION Y SUS EFECTOS

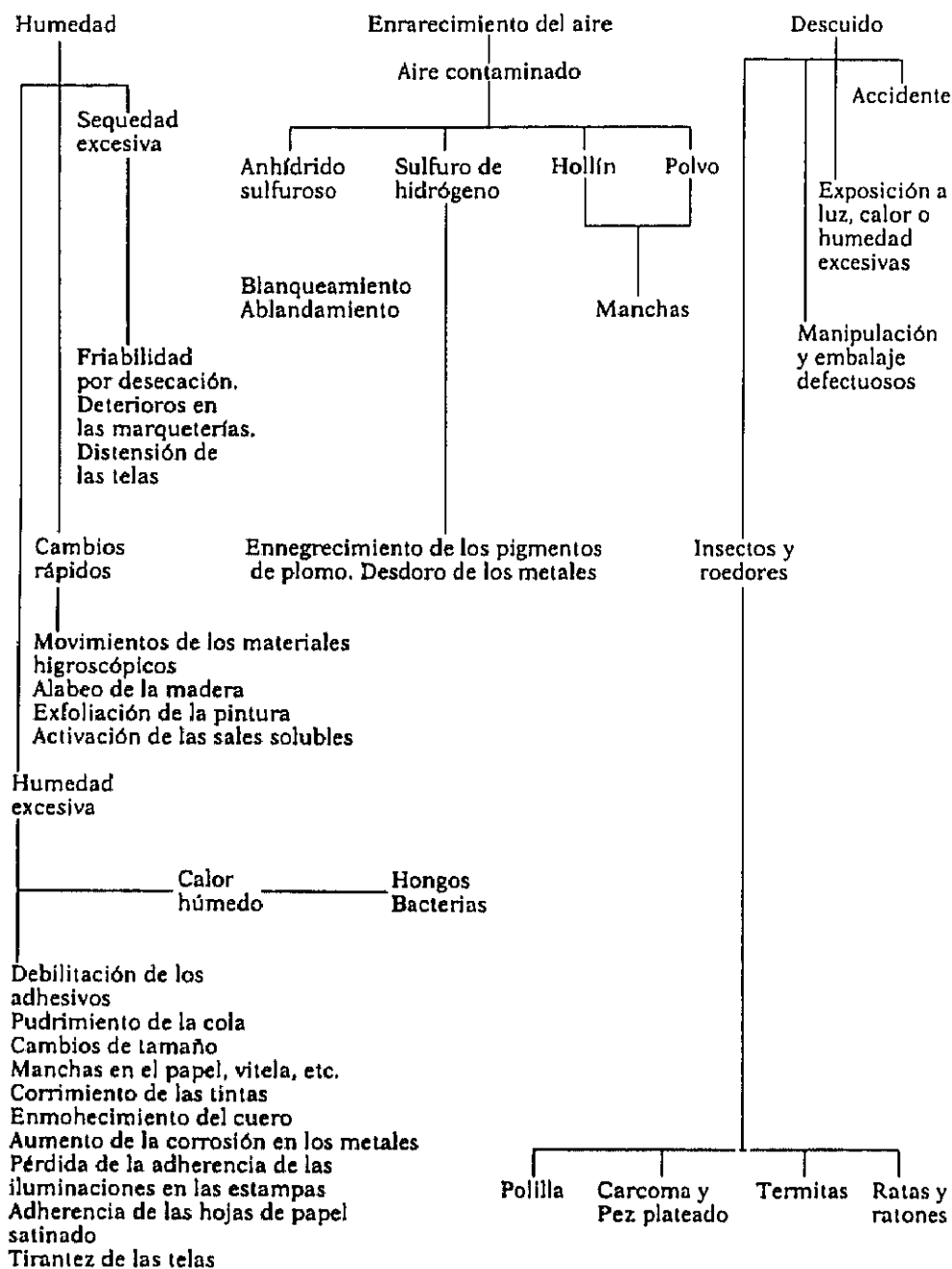
Hemos visto cómo la materia que compone el papel empleado para la elaboración de grabados y dibujos, como toda materia orgánica, es por naturaleza sensible a la alteración. Pero si este aserto es correcto no es menos cierto que si mantuviéramos las obras completamente aisladas de los agentes externos causantes del deterioro, no aparecerían muchos problemas de conservación a los que están predispuestas¹.

Las causas de deterioro llamadas externas, exógenas o extrínsecas, son las que provienen del medio ambiente en que se encuentra la obra. Producen efectos nocivos al complementarse con las causas intrínsecas de alteración, consustanciales a la materia. Según Browning (1970), la responsabilidad de estas alteraciones suele corresponder al "usuario".

En la mayoría de los casos, dan lugar a problemas perfectamente previsibles y puede actuarse sobre ellas modificándolas, al intervenir sobre el microclima que rodea la obra. Por esta razón es a las causas externas hacia

¹ Un claro ejemplo de cómo se pueden llegar a controlar prácticamente todos los factores de degradación, haciendo inmune al paso del tiempo una obra sobre papel, es la instalación de los documentos originales de la Declaración de Independencia y de la Constitución de los Estados Unidos de Norteamérica (Plenderleith, 1967, 14) y de la Declaración de Derechos (Cunha, 1988, 4) en los Archivos Nacionales de los EEUU, en Washington. Se trata de una cámara hermética con gas helio, gas inerte en el que no se producen reacciones químicas.

Cuadro 5 - Causas de degradación de los objetos de museo (Plenderleith)



donde se dirigen los tratamientos de **prevención** y los controles periódicos para lograr una instalación adecuada¹.

Las principales causas extrínsecas de alteración son las **ambientales** (binomio temperatura-humedad, la luz, la contaminación atmosférica, y las vibraciones), **biológicas** (insectos y microorganismos) y **físico-mecánicas** (derivadas del mal uso e instalación) (Cfr. Cuadro 5).

Otro grupo de causas son las llamadas catastróficas o **accidentales**, como incendios, inundaciones, vandalismo, terremotos, etc. Aunque no son previsibles, se puede disminuir la probabilidad de aparición tomando las debidas precauciones en la instalación y/o disponiendo de medios de actuación rápida para aminorar los daños.

¹ No hay que olvidar que, aunque hablemos de cada causa extrínseca por separado, éstas no son independientes sino que interactúan entre sí y junto con los factores intrínsecos, siendo también, en ocasiones, el efecto de una causa, la causa misma de otro efecto.

2.1. CAUSAS FISICO-MECANICAS

Son aquellas derivadas de una manipulación, uso e instalación incorrecta y descuidada; provocan efectos de alteración física, como roturas y manchas. Estas "manipulaciones mecánicas", llevadas a cabo normalmente por el artista o usuario, pueden también convertirse en daños "químicos". Así ocurre cuando se adicionan elementos inestables, como pueden ser algunos tipos de pigmentos.

Dentro de las causas debidas al mal empleo del soporte, incluimos la utilización de tintas o materiales corrosivos, así como cualquier técnica artística o manipulación inadecuada para la estabilidad del papel, y por tanto de la obra de arte¹.

Los pigmentos metálicos deterioran el papel mediante fenómenos de oxidación y catálisis, provocando efectos similares, pero de mayor magnitud, a los mencionados en el caso de las partículas metálicas incrustadas entre las fibras. Este efecto se magnifica cuando, para la mejor adhesión de la tinta, se emplean "mordientes", elementos ácidos que fijan químicamente los pigmentos

¹ Las tintas, junto a otros elementos sustentados, son parte intrínseca de la obra aunque en nuestro caso (estudio del soporte) nos referimos a ellas como elemento extrínseco al papel. Desde este punto de vista, sólo nos interesa abordar las alteraciones de las tintas que derivan en el deterioro del soporte, ya que algunas tintas degradan la base que las sustenta. Recordamos una vez más que este trabajo sólo aborda una parte fundamental de lo que es la totalidad de la obra artística, el papel. Las tintas quedan fuera de nuestros objetivos; no porque olvidemos su importancia, sino por la necesidad de acotar los temas de investigación. No debemos dejar de insistir en que nuestro estudio sólo supone un primer paso hacia la comprensión de la estabilidad de la obra artística como un todo, en la que están actuando el soporte (papel), las tintas, las técnicas empleadas y la relación entre cada uno de estos tres elementos.

metálicos a las fibras del papel; son las llamadas "tintas metaloácidas", compuestas por un metal (colorante) adherido químicamente por un mordiente (ácido) que actúa como agente de oxidación.

El deterioro en este caso proviene no sólo del metal que, además de oxidarse, actúa como catalizador del dióxido de azufre de la atmósfera transformándolo en ácido sulfúrico dentro del papel, sino también del mordiente, que acidifica el soporte y refuerza aún más la acción corrosiva del ácido. El efecto es una auténtica carbonización del papel. (Crespo y Viñas, 1984, 12 y 20). Un ejemplo de este problema son las tintas de verdigrís y las tintas ferrogálicas, por fortuna poco empleadas en nuestros días¹.



Fig. 43 - Alteración por oxidación de tintas metaloácidas (Verdigrís)

¹ Fueron utilizadas principalmente durante los siglos XVI-XVIII para dibujos a pluma e ilustración de incunables.



Fig. 44 - Reverso de estampa manchada por la oxidación de las

Un problema distinto, que también genera alteraciones químicas, es el de algunas tintas de impresión de mala calidad; cuando el aceite que emplean como barniz está mal polimerizado, pueden oxidarse dentro del papel y deteriorarlo, produciendo una mancha parda que rebordea los trazos y resta nitidez al conjunto (Viñas y Viñas, 1988, 12).

También las técnicas artísticas, realizadas mediante materiales con comportamiento distinto ante la humedad (con **diferente estabilidad dimensional**) pueden dar lugar a grietas, deformaciones o abolsamientos según sean mucho más o menos higroscópicos (madera / plásticos). Algunos de los **adhesivos** empleados también pueden ocasionar problemas, dejando manchas por oxidación o atrayendo microorganismos e insectos si son de origen orgánico.

Otro problema frecuente son las manchas de óxido por la corrosión de piezas metálicas inadecuadas, como chinchetas y grapas, que además perforan el soporte.

Un ejemplo muy común de mancha son las provocadas por los sellos de propiedad, impresos con tintas de tampón en los lugares más inadecuados de grabados y dibujos, dañando muy seriamente la estética de la obra. En ocasiones, teniendo en cuenta este factor, se han colocado al reverso, precisamente en lugares centrales por creerse no visibles, pero un exceso de tinta o su disolución u oxidación favorece con el paso del tiempo su traslado al anverso.

El deterioro puede provenir también de montajes e intentos de "restauración" inadecuados: parches que originan tensiones que terminan rasgando la obra, manchas de adhesivos que en algunos casos pueden ser irreversibles, tal como ocurre en las reparaciones con cinta autoadhesiva cuyo pegamento se oxida y amarillea, con la rotura de cristales de los marcos que producen cortes en las obras por ellos "protegidas", etc.

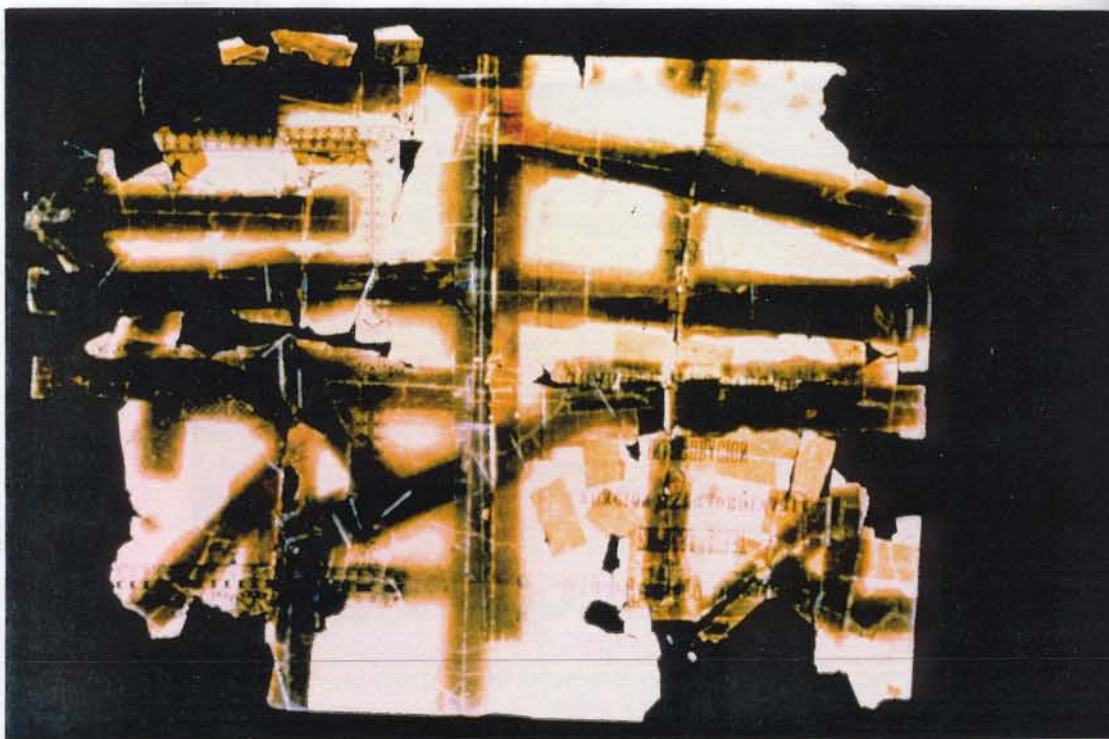


Fig. 45 - Alteración causada por oxidación de cinta autoadhesiva (Fot. gentileza I.C.R.B.C.)



Fig. 46 - Plano con alteraciones causadas por oxidación del barniz, tensiones con el entelado e incorrecto almacenamiento (Fot. gentileza I.C.R.B.C.)

Valga cualquiera de los múltiples ejemplos que se pueden pensar respecto al mal uso y manipulación, incluida, como un ejemplo más, la salvaje costumbre de arrancar las estampaciones que forman parte de la ilustración de algunos libros.

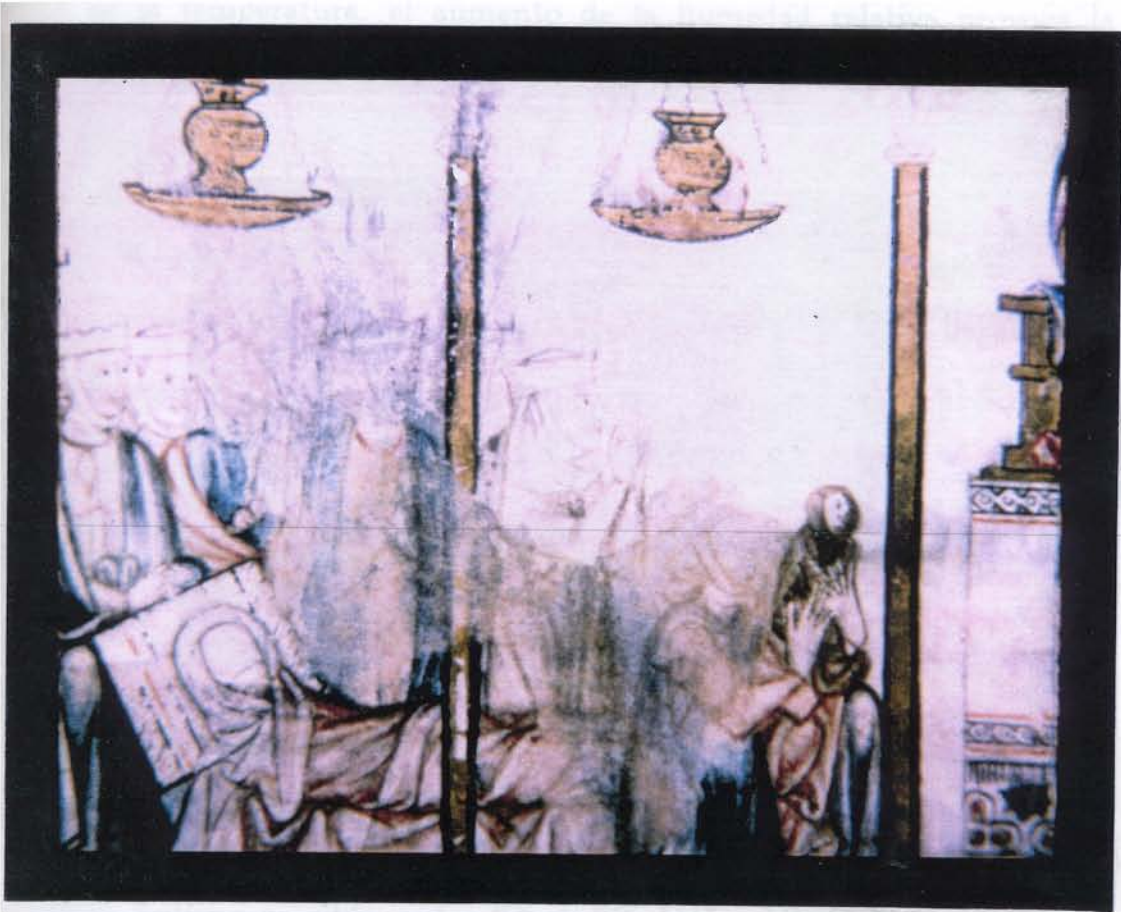


Fig. 47 - Dilución de pigmentos por intento de limpieza con métodos inadecuados
(Fot. gentileza del I.C.R.B.C.)

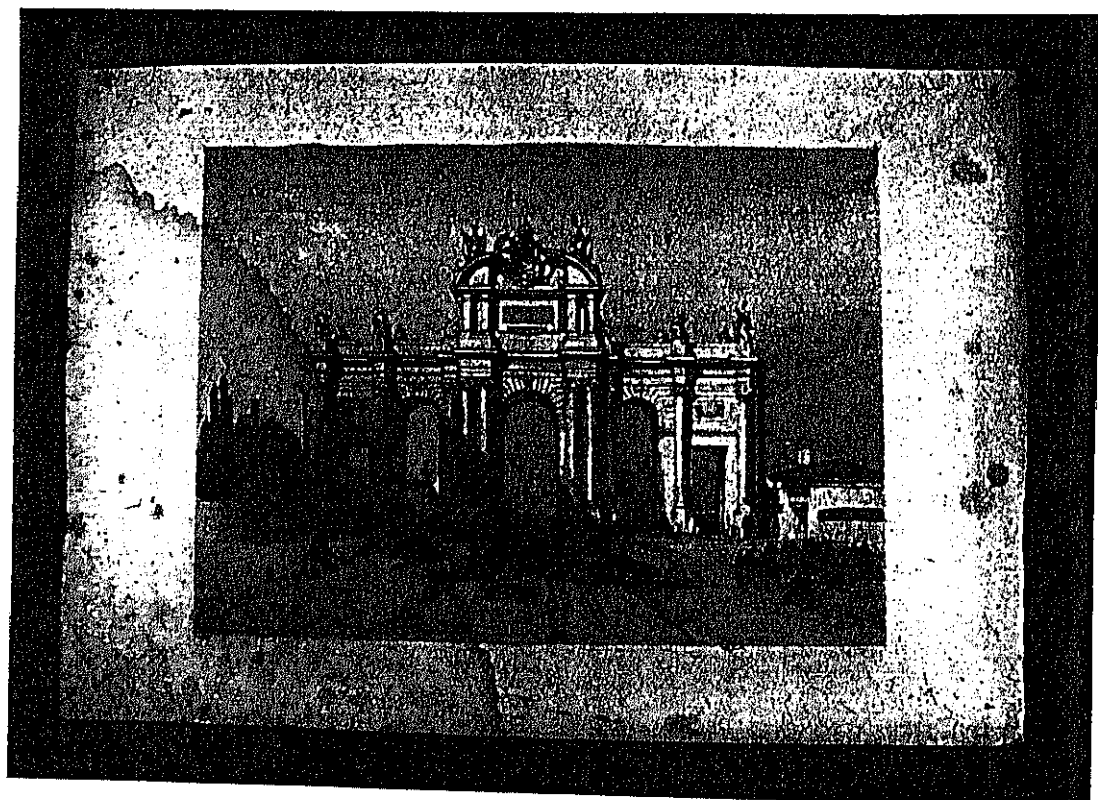


Fig. 48 - Estampa afectada por humedad
(Fot. cortesía I.C.R.B.C.)

ABRIR CONTINUACIÓN CAP. II





ABRIR CAPÍTULO II PRIMERA PARTE

2.2. TEMPERATURA-HUMEDAD

Temperatura y humedad deben estudiarse conjuntamente, pues son interdependientes. El porcentaje de humedad relativa (H.R.) en un ambiente (relación entre humedad absoluta y humedad necesaria para la saturación) varía sensiblemente en función de la temperatura. A mayor calor, mayor será la proporción de agua necesaria para saturar una atmósfera. En caso de descenso fuerte de la temperatura, el aumento de la humedad relativa provoca la condensación de agua en el aire, cubriéndose las superficies con líquido¹.

Este factor es de gran importancia para el control climático, ya que una tasa alta de humedad favorece el **desarrollo de microorganismos**, y se sabe que a una temperatura de 25°C basta un descenso de sólo 4°C para llegar desde 65% HR (extremo mínimo para el desarrollo de microorganismos) al 83% HR (óptimo para su desarrollo) (Kraemer, 1973, 537).

Según los expertos pueden variar los límites de temperatura y humedad recomendados para la conservación del papel; no obstante, se entiende que el límite mínimo de H.R. permisible es 45% (establecido en función de la respuesta general de cualquier material orgánico) y el máximo 65% (punto a partir del cual empieza la proliferación de microorganismos). El rango climático óptimo se sitúa entre $55 \pm 5\%$ HR y $18 \pm 2^\circ$ C (Herráez y Rodríguez, 1989, 8-9).

¹ Una buena explicación de los términos de condensación, saturación, humedad absoluta (H.A.) y humedad relativa (H.R.), y su influencia en la conservación, aparece en el texto de Gael de Guichen (s.a., 6-19).

El papel es un material muy higroscópico que absorbe o cede agua según la temperatura y humedad ambiental; necesita un porcentaje mínimo de agua entre sus fibras para conservar la flexibilidad ya que, como vimos, el agua actúa como enlace fibrilar (puentes de hidrógeno). La sequedad continuada termina aumentando la rigidez del papel haciéndolo quebradizo.

El calor es capaz de eliminar parte de la humedad interna necesaria, provocando la desintegración, asimismo el aumento de temperatura favorece las reacciones químicas; según Dereau y Clements (1988, 18) cada aumento de temperatura de 10° C hace que aproximadamente se dupliquen los procesos de hidrólisis y oxidación. El calor moderado durante largos periodos provoca efectos lentos de envejecimiento en el papel (amarilleamiento y agrietamiento) que se producen en muy poco tiempo con una corta exposición a elevadas temperaturas (Wessel, en *Winger & Smith*, 1970).

El exceso de agua también es nocivo ya que puede reblandecer el material de apresto y las tintas, y favorecer el crecimiento de microorganismos. También fomentará cualquier reacción química por efectos de hidrólisis pudiendo dar lugar a la descomposición del soporte y la grafía¹.

En todo caso, el papel es un material higroscópico que termina adaptándose lentamente a las condiciones ambientales en que se encuentra, por lo que los cambios bruscos de temperatura y humedad

¹ La tendencia a la mayor lentitud para desprender agua que para absorberla se explica por la gran retención de humedad de los microporos formados en las cadenas macromoleculares de la celulosa, de modo que resulta entre 1,5 y 12 veces más lento desprender que absorber humedad (Kraemer, 1973, 532). Una explicación más precisa sería la predisposición a la formación de puentes de hidrógeno (unión química) con las partículas de agua, que de esta manera se separan con mayor dificultad.

terminan siendo mucho más nocivos que una temperatura o una humedad inadecuada pero estable. Las variaciones climáticas continuadas provocan a no muy largo plazo, por cambios de tensión (contracción-dilatación), toda clase de deformaciones y agrietamientos en los soportes, capas pictóricas y adhesivos, hasta quebrantar los enlaces estructurales de la materia.

Este peligro ha hecho que muchos autores consideren los límites de temperatura y humedad óptimos como una teoría tan difícil de lograr y mantener que recomiendan en su lugar ambientes que experimenten la menor variación climática posible con respecto a la climatología natural de la zona (Viñas, 1991, 68). A este respecto, es muy importante tener en cuenta que cualquier cambio brusco o variación diaria de más de 2% o como mucho 5% de HR y de 1,5° C comienza a resultar nociva (Herráez y Rodríguez, 1989, 9).

Como punto de comparación, una variación de un 10% en la humedad relativa del ambiente puede hacer disminuir o aumentar en 0,6% las dimensiones de un papel normal en el sentido transversal y en 0,1% en el longitudinal¹

La combinación de diferentes niveles de temperatura y humedad da lugar a distintos tipos de alteración (Flexes, 1977, 21-22).

En ambientes con **mucho calor y poca humedad**, los materiales higroscópicos pierden agua; se contraen y ocasionan fragilidad en el papel por deshidratación de las fibras y endurecimiento y cristalización de los adhesivos naturales. Los materiales hidrófugos (adhesivos termoplásticos) se dilatan y

¹ Navarro (1972, 127 y 128) presenta tablas donde se muestra el aumento de dimensiones según el tipo de papel, en diferentes condiciones de humedad.

reblandecen por pérdida de cohesión de sus moléculas. La diferencia de tensión entre ambos tipos de materiales puede ocasionar deformaciones y agrietamientos. El calor acelerará las reacciones químicas, aumentando la acidez y la tendencia al amarilleamiento, sin embargo apenas habrá alteraciones biológicas. Otro efecto nocivo será el aumento de cargas electrostáticas.



Fig. 49 - Dilatación del soporte causada por exceso de humedad (Fot. gentileza I.C.R.B.C.)

La elevada humedad da lugar a la dilatación de los materiales higroscópicos por absorción de agua, al reblandecimiento de colas y tintas y a manchas de humedad por la suciedad arrastrada en la absorción; se ocasiona también mayor penetración en el soporte de agentes contaminantes. Químicamente ocurrirán fenómenos de hidrólisis por formación de ácidos y oxidación. Las alteraciones biológicas serán muchas.

La peor situación de todas es cuando se combina un exceso de temperatura y humedad, pues se potencian las causas de deterioro. Además, a todas las alteraciones anteriores hay que sumar los graves efectos por la alternancia de contracción-dilatación en los materiales. Las alteraciones químicas se multiplican y las biológicas resultan devastadoras.

En conclusión, un ambiente frío, con defecto de temperatura y de humedad, es el más idóneo, pues las alteraciones físicas y químicas son prácticamente nulas. El mayor problema para la implantación de estas condiciones ambientales en un museo es que no se adecúa a las exigencias de confort humano.



Fig. 50 - Amarilleamiento ocasionado por efecto de la luz: incorrecta iluminación durante una exposición prolongada. Nótese las dos marcas de la zona inferior, donde los efectos de la luz han sido nulos al quedar protegido el papel (oculto) por otro dibujo. (Fot. gentileza I.C.R.B.C.).

2.3. LA LUZ

La luz, siempre y cuando sea de intensidad controlada, no es necesariamente nociva para la conservación del papel, más aún, puede ser beneficiosa al afectar negativamente al desarrollo de muchos microorganismos e insectos (Crespo y Viñas, 1984, 43).

Pero un exceso, tanto de tiempo de exposición, como de distancia e intensidad (nivel de luminosidad), sobre todo en el caso de algunas radiaciones (características espectrales de la radiación), provocarán efectos muy graves que continuarán propagándose irreversiblemente, incluso una vez eliminado el foco luminoso.

La luz solar es la más peligrosa de todas porque posee todo tipo de radiaciones lumínicas (ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 290 y 2400 n); a pesar de ello apenas tiene incidencia en los papeles que no permanecen en la intemperie, como es normalmente el caso de grabados y dibujos.

De hecho, la atmósfera (nubes, polvo, agua, oxígeno, etc.) absorbe la mayoría de la luz solar y al suelo sólo llega un 47%, formado por radiaciones difusas (25%) y directas (22%). Del total de radiaciones ultravioletas emitidas por el sol, sólo llega un 9% que, si tienen que atravesar un cristal, queda transformado en un 5%¹.

¹ Un cristal corriente es capaz de filtrar las radiaciones ultravioletas con una longitud de onda menor de 320 n, los rayos ultravioletas entre 290 y 330 n no pueden atravesar los vidrios de las ventanas (Flexes, 1977, 20).

De todas la radiaciones existentes, el ojo humano percibe sólo la llamada "región visible", las radiaciones visibles se sitúan entre 400 y 700 n. Por debajo de la región visible se encuentran las radiaciones ultravioletas (longitud de onda menor de 400 n) y por encima las infrarrojas (más de 700 n); la energía de las radiaciones depende de su longitud de onda: a menor longitud de onda mayor energía, y a mayor energía mayor poder de penetrabilidad.

La energía lumínica, al incidir sobre los objetos, se transforma en energía química o energía calorífica, según el poder de penetración de las radiaciones. Las radiaciones de poca longitud de onda provocan daños químicos en el papel, mientras que las de mucha longitud de onda generan daños físicos derivados del aumento de temperatura.

En la iluminación artificial, además de emitirse radiaciones visibles también actúan el resto de radiaciones, en mayor o menor proporción, según la fuente lumínica. La luz incandescente es más rica en radiaciones infrarrojas y la fluorescente en ultravioletas.

Las radiaciones infrarrojas tienen mucha longitud de onda y poca energía y penetrabilidad; producen alteraciones físicas derivadas del calor que generan sus radiaciones térmicas.

Las alteraciones físicas son poco peligrosas excepto en casos de exposiciones muy prolongadas. Aparecen cuando la energía radiante que incide sobre un objeto se transforma en energía térmica: el choque de fotones produce una vibración intermolecular y propicia el aumento de temperatura.

Esta vibración junto al desequilibrio térmico, ocasiona agrietamientos, exfoliación y , en último término, desintegración.

A su vez, el calor tiende a fomentar cualquier reacción química, causando amarilleamiento, sobre todo en papeles de pasta de madera. En efecto, según Colom y García (1994, 252) *"un incremento en la temperatura en presencia de luz tiene un efecto acelerante sobre la pérdida de blancura debido a la influencia de la temperatura sobre las reacciones fotoquímicas"*.

Pero los efectos más nocivos de la energía radiante se explican por el hecho de que algunas porciones de la radiación electromagnética (radiaciones de poca longitud de onda), pueden provocar **reacciones fotoquímicas en los materiales**, por sí mismas, o en presencia de agentes como la humedad y el oxígeno. Este tipo de alteración se debe principalmente a las radiaciones ultravioletas, pero éstas no son necesarias para activar muchas de las reacciones fotoquímicas, ya que también pueden originarse con las radiaciones visibles cercanas al azul-verde.

La radiación ultravioleta tiene poca longitud de onda y mucha energía, por lo que su poder de penetrabilidad en el papel es alto, razón que provoca **daños químicos**, y genera una acción fotoquímica muy destructiva.

Los efectos fotoquímicos de la luz sobre el papel se traducen principalmente en daños derivados de la fotólisis (desdoblamiento de una

sustancia por acción de la luz) y de la fotooxidación (oxidación por efecto de la luz)¹.

La fotólisis afecta especialmente a los enlaces de carbono, y se potencia con el calor, la humedad y la acidez.

La luz visible próxima a la ultravioleta rompe los enlaces carbono-carbono; la luz ultravioleta de onda cercana los del carbono con el oxígeno, y la de onda media y lejana los del carbono con el hidrógeno. Si tenemos en cuenta que el papel está formado por celulosa, la cual se compone exclusivamente de carbono, hidrógeno y oxígeno ($C_6H_{10}O_5$) podrá entenderse fácilmente su fragilidad hasta la total desintegración, a causa de la luz.

Muchas de las impurezas del papel (lignina, productos de degradación coloreados, etc.) absorben mejor las radiaciones ultravioletas que la celulosa, y de este modo la protegen del efecto de la luz, aunque contribuyen a la degradación general del soporte.

Otro efecto químico de la luz que debe tenerse en cuenta es la **fotooxidación**, se produce bien cuando la energía radiante afecta a un compuesto que dispone de oxígeno y lo libera, bien cuando se oxidan, por efecto de este oxígeno o del oxígeno ambiental, las agrupaciones moleculares originadas en la fotólisis (radicales).

¹ Mediante la fotólisis, la luz puede causar la descomposición química de la celulosa al romper los enlaces que agrupan sus átomos. Por otro lado, los átomos y moléculas separadas tienden a reunirse formando elementos con características distintas a las de las moléculas primitivas; estas moléculas resultantes de la descomposición fotolítica se combinan consigo mismas o reaccionan con otras moléculas. Al final, como productos de degradación, se generan compuestos muy complejos que pueden causar graves alteraciones.

El oxígeno aislado que se desprende actúa como elemento decolorante (por ejemplo de las tintas) y en combinación con otras moléculas puede dar lugar a óxidos, ácidos (óxido más agua) y otros elementos químicos nocivos como el peróxido de hidrógeno, degradatorio y decolorante (oxígeno más agua y calor). Esto afecta al polímero de celulosa, convirtiéndolo en oxixelulosa y provocando la desintegración y amarilleamiento del papel que, como vimos, puede ocasionarse por distintos medios (hidrólisis de la celulosa).

Longitudes de onda menores de 385 nm ya tienen capacidad para alterar la lignina ocasionando el amarilleamiento de la pasta mecánica.

Los papeles de buena calidad, no ácidos, tienden a alterarse mucho menos que los papeles modernos de pasta mecánica, ya que la degradación se potencia por la acidez. Los papeles de celulosa poco purificada, con partículas de hierro y encolados con colofonia amarillean muy fácilmente por efecto de la luz; en general este amarilleamiento se potencia en presencia de metales, alumbre y colas, pues estos elementos actúan a modo de sensibilizadores de los procesos de degradación química.

Para los grabados y dibujos el peor daño causado por la luz es el amarilleamiento; a este respecto, Almela apunta (1956, 49): *"Los grabados, por ejemplo se oscurecen de tal modo que quedan ocultos los trazos finos que labró el buril, apareciendo a la vista nada más los rasgos fuertes, con lo que una obra que tiene múltiples medias tintas y suaves desvanecidos aparece con un lamentable conjunto de contrastes que despertarían la cólera del artista que grabó la estampa"*.



Fig. 51 - Obscurecimiento del soporte por efecto de la luz (antes y después de la restauración).

Nótese la alteración del efecto cromático de la obra: los tonos que cuentan con el fondo del papel para la percepción del color desaparecen, mientras que los tonos claros y opacos (blanco) se "reavivan" por contraste con el fondo pardo. La orla que rodea a la obra mantiene el tono original al haber estado protegida de la luz por el marco. (Fot. gentileza I.C.R.B.C.)

El amarilleamiento dependerá del tipo de papel, los papeles con lignina tienen una mayor tendencia a oscurecerse por su gran sensibilidad a la luz y además, según Colom y García (1994, 252) *"parece haber una relación directa entre el contenido de hemicelulosas y el de celulosa degradada y la tendencia al amarilleamiento de las pastas blanqueadas"*.

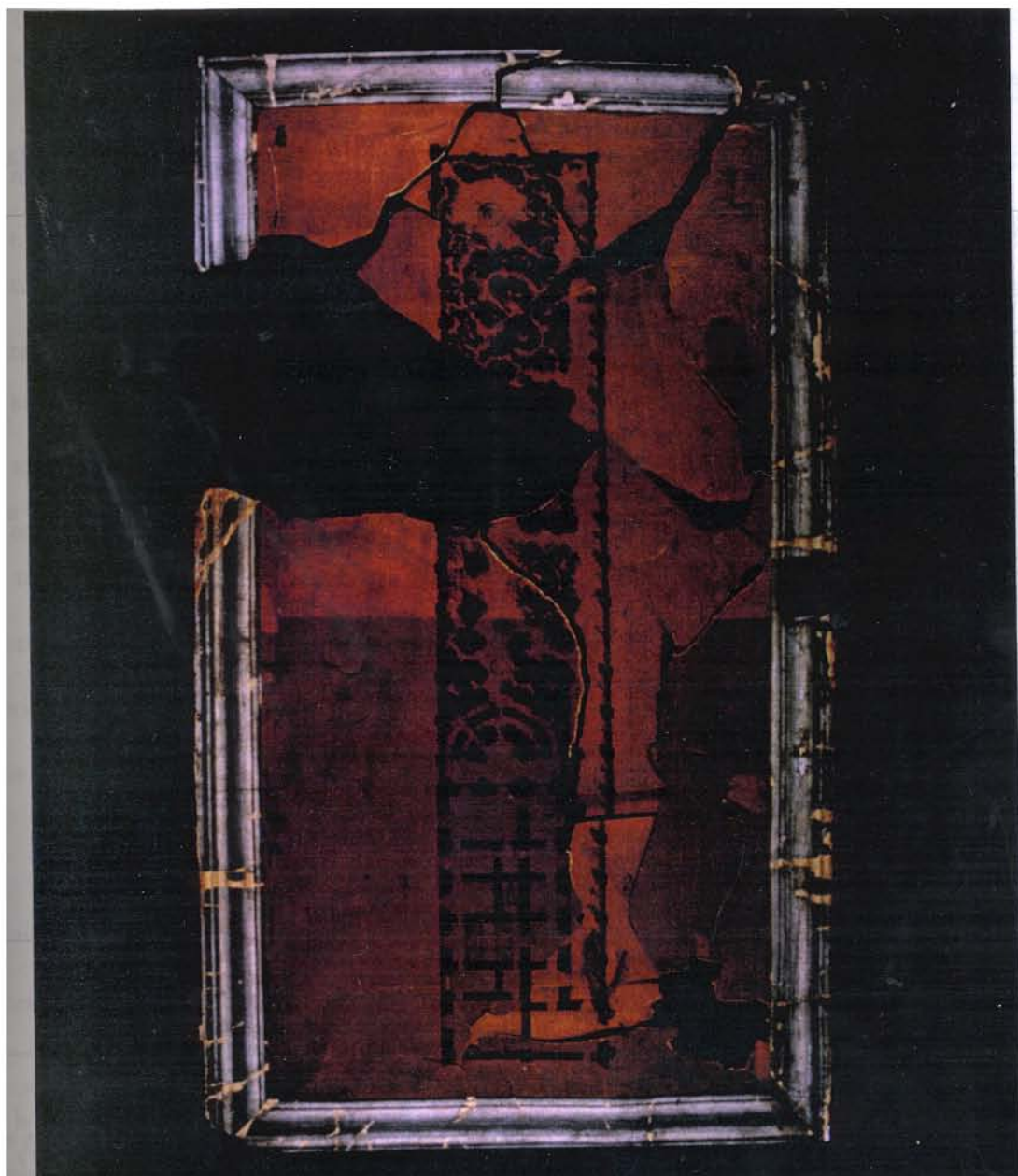


Fig. 48* - Dibujo a tinta degradado por acidez (Fot. cortesía I.C.R.B.C.)

2.4. VIBRACIONES

La vibración más o menos continua origina en la materia un movimiento intermolecular que da lugar al agrietamiento, desprendimiento (por ejemplo de pigmentos) y desintegración. Estos fenómenos se relacionan con la cohesión molecular de los materiales, y los daños son más graves cuanto más rígidos y menos flexibles sean los cuerpos.

La vibración nociva también puede causarse durante la estampación industrial, cuando se usan máquinas de impresión muy rápidas, pero este hecho es poco frecuente.

Su origen ambiental son los movimientos sísmicos más o menos imperceptibles en zonas propensas al microseísmo, el tráfico rodado (autopista cercana, tren subterráneo, etc.) o aéreo y las ondas sonoras como ruidos continuos (micromartilleo) y ultrasonidos¹.

¹ Sin embargo, las vibraciones pueden resultar positivas para evitar la presencia de insectos. Como curiosidad el caso de la ciudad norteamericana de Chicago, donde un archivo próximo al aeropuerto sufría desintegración de los documentos por la continua acción vibratoria de los aviones y no padeció nunca plagas biológicas, mientras que el archivo lejano al aeropuerto era continuamente atacado por insectos.

2.5. CONTAMINACION AMBIENTAL

La atmósfera que nos rodea, sobre todo en ciudades y zonas industrializadas, está cargada de una serie de productos de desecho que son arrastrados por el aire.

Estos agentes contaminantes pueden ser aerosoles o vapores. Los aerosoles son partículas sólidas o líquidas en suspensión aérea (polvo, humos y niebla) que actúan como esponjas absorbiendo y reteniendo elementos químicos, esporas, carbón, metales, sal, etc. También contienen sustancias grasas que provocan suciedad y abrasión¹.

Por su capacidad de absorción, los aerosoles también actúan como medio de transmisión de elementos químicos que, al aglutinarse, pueden dar lugar a un agente agresivo. Concretamente, el polvo suele poseer radicales ácidos e iones metálicos que, al humedecerse, pueden convertirse en elementos oxidantes y acidificadores, proceso fomentado por la gran higroscopicidad de los aerosoles.

En efecto, el polvo está constituido por partículas higroscópicas, que al llevar agua, son una fuente de contaminación microbiológica; además, muchos componentes del polvo pueden actuar como materia nutritiva. Aparte

¹ Los efectos son evidentes cuando colocamos en una pared sobre la calefacción, por ejemplo, un grabado: el aire al circular asciende y desciende por cambio de temperatura, y arrastra las partículas ambientales, que terminan manchando el papel.

El laboratorio de la National Gallery ha calculado que, cuando hay cerca de 900 gramos de partículas de carbón en suspensión por un millón de metros cúbicos de aire, aproximadamente dos tercios de estas partículas sólidas penetran en las salas del museo (UNESCO, 1960).

de potenciar los problemas biológicos y dar lugar a suciedad y abrasión, genera problemas químicos, ya que muchas partículas son de carácter ácido por absorción del dióxido de azufre¹.

Pero el mayor problema lo constituyen los gases contaminantes (vapores), sobre todo los procedentes de la combustión industrial, que actúan como elementos oxidantes y de acidificación. El ozono y los gases derivados del azufre y del nitrógeno son los más corrosivos, pues por hidrólisis y catalización degradan el papel, sobre todo en presencia de humedad y calor.

Algunos gases nocivos son de *origen natural*, como el **oxígeno** (O_2) que con otros elementos forma óxidos que, al reaccionar con el agua del propio papel o del ambiente, dan lugar a ácidos; en ambos casos actúa por degradación cáustica y decoloración.

Otros elementos nocivos de origen natural son el ozono, el vapor de agua, el peróxido de hidrógeno y el amoníaco. El **ozono** (O_3) se deriva del oxígeno atmosférico al ser transformado por la luz ultravioleta de onda corta (200nm.); su acción más oxidante y decolorante es de mayor alcance que el propio oxígeno. Rompe los enlaces de los átomos de carbono y altera gravemente a barnices, colas y gelatinas. Las copiadoras electrostáticas y otra maquinaria, como los precipitadores de flujo electrostático, también pueden generar ozono (Thomas, 1987, 6).

¹ Plenderleith (1967) destaca la acción del aire marino, cargado de partículas salinas que, por su gran higroscopicidad, fomentan la humedad y, por lo tanto, el desarrollo de microorganismos. El aire del mar está formado por finas nubes de rocío cargadas con elementos minerales ricos en halógenos (cloruros y bromuros), que además de ser sustancias muy higroscópicas, son corrosivas.

El vapor de agua es dañino por fomentar la hidrólisis y otras alteraciones químicas. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se forma por oxidación de sustancias orgánicas (por ejemplo, pinturas recientes) y también es oxidante y decolorante. El amoníaco (NH_3), se produce por descomposición de la materia orgánica (por ejemplo la transpiración humana), y aunque es de naturaleza muy alcalina, si se oxida y se une a la humedad ambiental, forma ácido nítrico, muy corrosivo y peligroso para el papel.

Entre los *contaminantes industriales* cabe destacar los gases derivados del nitrógeno y los gases sulfurosos. Los primeros dan lugar, en general, a alteraciones químicas y manchas. El dióxido de nitrógeno se forma cuando el óxido de nitrógeno, derivado de toda combustión a altas temperaturas, se combina con el oxígeno y nitrógeno naturales; en principio no es negativo, pero se descompone con la luz¹, dando lugar a la formación de óxido nítrico y oxígeno atómico.

La acción de las bacterias sobre nitratos y nitritas genera dióxido de nitrógeno. La luz, rayos solares y cósmicos, vientos estratosféricos, etc., son a su vez fuente de óxido de nitrógeno.

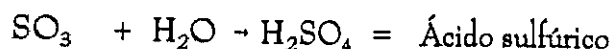
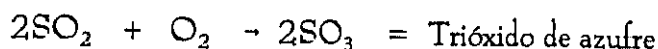
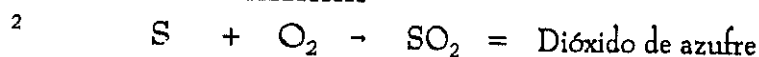
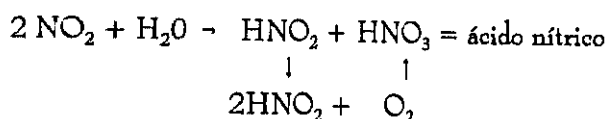
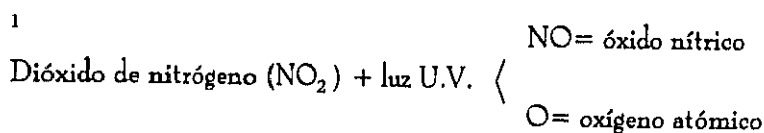
El óxido nítrico, que también puede formarse directamente por la combustión incompleta de hidrocarburos, llega a transformarse en ácido

¹ Carl J. Wessel (Winger & Smith, 1970) destaca el efecto de los "contaminantes fotoquímicos" que se activan por la radiación ultravioleta de la luz solar, produciendo altas concentraciones de sustancias oxidantes (polución fotoquímica).

nítrico, de poder tan corrosivo para el papel como el ácido sulfúrico². El oxígeno atómico, que afecta gravemente a la composición de la materia orgánica, también puede originar la formación de compuestos corrosivos.

El dióxido de nitrógeno es soluble en agua, produciendo ácido nitroso y ácido nítrico; el ácido nitroso es débil e inestable y se disocia en ácido nítrico y óxido de nitrógeno. El ácido nítrico es un ácido muy fuerte y altamente corrosivo.

Entre los gases sulfurosos destaca el dióxido de azufre, producido por la combustión de hidrocarburos, como el carbón de cok y el fuel-oil; la mayor parte del deterioro actual del papel, desde hace un siglo, es por causa de los componentes ácidos de la atmósfera, sobre todo del dióxido de azufre. Por hidrólisis, y en presencia de un catalizador (partículas de metal del papel o tinta), se transforma en ácido sulfúrico, de gran poder corrosivo².



El dióxido de azufre no es nocivo por sí mismo, pero sus reacciones hacen que sea el contaminante más peligroso.

Las bacterias pueden generar de forma natural gases sulfurosos, pues producen ácido sulfhídrico que se oxida fácilmente transformándose en dióxido de azufre.

La acción de estos elementos ácidos y corrosivos se evidencia en los cantos de las hojas de muchos libros, que al estar expuestos directamente al aire se vuelven extremadamente frágiles y amarillentos.

El factor acidez, que tanta importancia tiene para la preservación de grabados y dibujos, puede provenir de la propia materia que constituye la obra artística, o del medio ambiente, pero en este caso no sólo del aire de una determinada atmósfera sino porque la **acidez es contagiosa** y se traslada desde el soporte ácido al que se haya unido la obra de arte o por simple contacto con materiales que contengan acidez intrínseca.



Fig. 52 - Estampa con manchas ocasionadas por pigmentaciones de microorganismos
(Fot. cortesía del I.C.R.B.C.)

2.6. CAUSAS BIOLÓGICAS

Son las provocadas por seres vivos, desde animales más o menos grandes, hasta hongos y bacterias¹.

Entre los mamíferos destaca el ataque de roedores que devoran y ocasionan la destrucción de las obras para obtener material a partir del cual fabricar sus nidos. Aparte de los daños físicos por pérdida del soporte, sus excrementos ocasionan también manchas ácidas. Estos mismos efectos son originados por las aves.

Los insectos son un factor de alteración aún más peligroso²; muchas veces son apenas perceptibles; cuando están en fase larvada pueden destrozar completamente un papel llenándolo de perforaciones; tal es el caso de soportes de buena calidad (pasta de trapos con grado de acidez neutro) y encolados con aprestos naturales, acicate para la nutrición de estas plagas.

En nuestro país, los insectos celulósicos que más frecuentemente causan el deterioro del papel son los anóbidos (comúnmente llamados "gusanos del libro"), lepidos (pececillo de plata), blátidos (cucarachas) y, de manera ocasional pero devastadora, las termitas. La mayoría de estos insectos, al igual

¹ Una descripción detallada de los seres vivos capaces de deteriorar el papel y las tintas aparece en el Capítulo II "Agentes bióticos dañinos para el papel y los libros" del tratado de Kraemer (1973, 149-524).

² Para una descripción detallada de los insectos capaces de deteriorar las obras de arte, se recomiendan las obras de Story (1985) y de Parker (1988); en esta última, además de la descripción de los insectos, sus costumbres y alteraciones, se indican métodos de erradicación de las plagas.

que casi todos las "especies bibliófagas", prefieren ambientes cálidos y húmedos y zonas oscuras.

En el caso de anóbidos, los responsables del ataque a los papeles son larvas, que con su potente aparato masticador son capaces de devorar libros enteros. Aunque pueden digerir bien la celulosa, muestran predilección por las zonas atacadas previamente por hongos, y rehuyen los espacios con tintas metaloácidas y de impresión. La mayoría de especies son xilófagas, comienzan el deterioro a partir de la madera que suele formar parte de los marcos, estuches y estanterías.

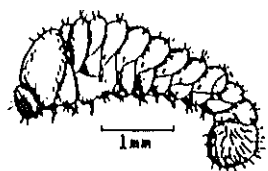


Fig. 53 *Anobium punctatum*



Fig. 54 - Ataque de anóbidos (Fot. gentileza del I.C.R.B.C.)

El ataque de los anóbidos se caracteriza por unos orificios típicos; cuando muchas hojas de papel están juntas van perforando túneles cuyos bordes quedan adheridos por una sustancia gomosa. Provocan un fino polvillo con sus detritus; tras empuparse, abandonan el papel o la madera dejando el capullo y culminan el ciclo metamórfico convirtiéndose en un insecto alado (escarabajo), que se encargará de depositar los huevos, a veces en el mismo papel (Crespo y Viñas, 1984, 23).

Los **lepismas** atacan el papel superficialmente, de modo irregular, perforándolo a modo de estratos; en este caso el aparato masticador es poco potente, prefieren las zonas encoladas y no les gusta el papel con más de 50% de pasta mecánica. Son lucífugos y su ambiente óptimo se sitúa entre 22-27°C y 75-97% HR (Parker, 1988, 6 y 27; Kraemer, 1973, 393-394).

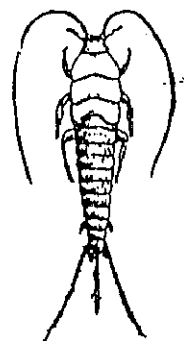


Fig. 55 - Lepisma

Las **cucarachas** son omnívoras y también atacan la superficie de los papeles, pero de una forma más extensa que en el caso del lepisma debido a sus fuertes mandíbulas. Provocan manchas negruzcas con sus excrementos, que además de ensuciar, atraen a otras cucarachas y a microorganismos (Parker, 1988, 12 y 33). Prefieren vivir en temperaturas



Fig. 56 - Cucaracha

entre 15 y 30°C; a menos de 10°C se enlentecen y paralizan, a más de 40°C se deshidratan.

Las termitas son prioritariamente xilófagas, pero también pueden atacar los papeles, aunque sólo si se encuentran en bloques o en zonas oscuras, ya que son extremadamente lucífugas. Por esta razón su ataque suele pasar desapercibido, pues nunca se manifiestan al exterior; como ejemplo de las alteraciones causadas, baste pensar en libros completamente perforados en su zona interior, a modo de caja, sin que se manifieste el ataque por los bordes. Además de realizar perforaciones alejadas de las zonas que reciben luz (huecos extensos alejados de los bordes), manchan el perímetro con una sustancia pardo-negruzca muy característica¹.

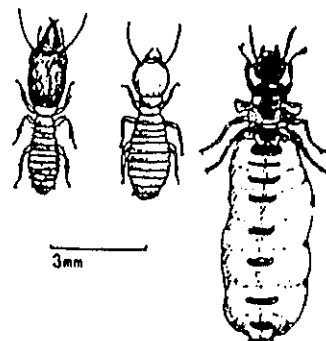


Fig. 57 - Termitas:
soldado, obrera y reina

Aunque de menor gravedad, también son de destacar las manchas de detritus, causadas generalmente por insectos voladores, como moscas, polillas y avispa.

¹ Algunas especies no pueden degradar directamente la celulosa, en cuyo caso la emplean a modo de abono de hongos que crían y consumen (Flexes, 1977, 28). Las obreras son las únicas que pueden digerir la celulosa, así que la regurgitan para alimentar al resto de la colonia (Parker, 1988, 23). Viven en colonias y su ambiente predilecto son zonas cálidas y húmedas; son muy sensibles respecto a las condiciones climáticas, aunque difíciles de erradicar.

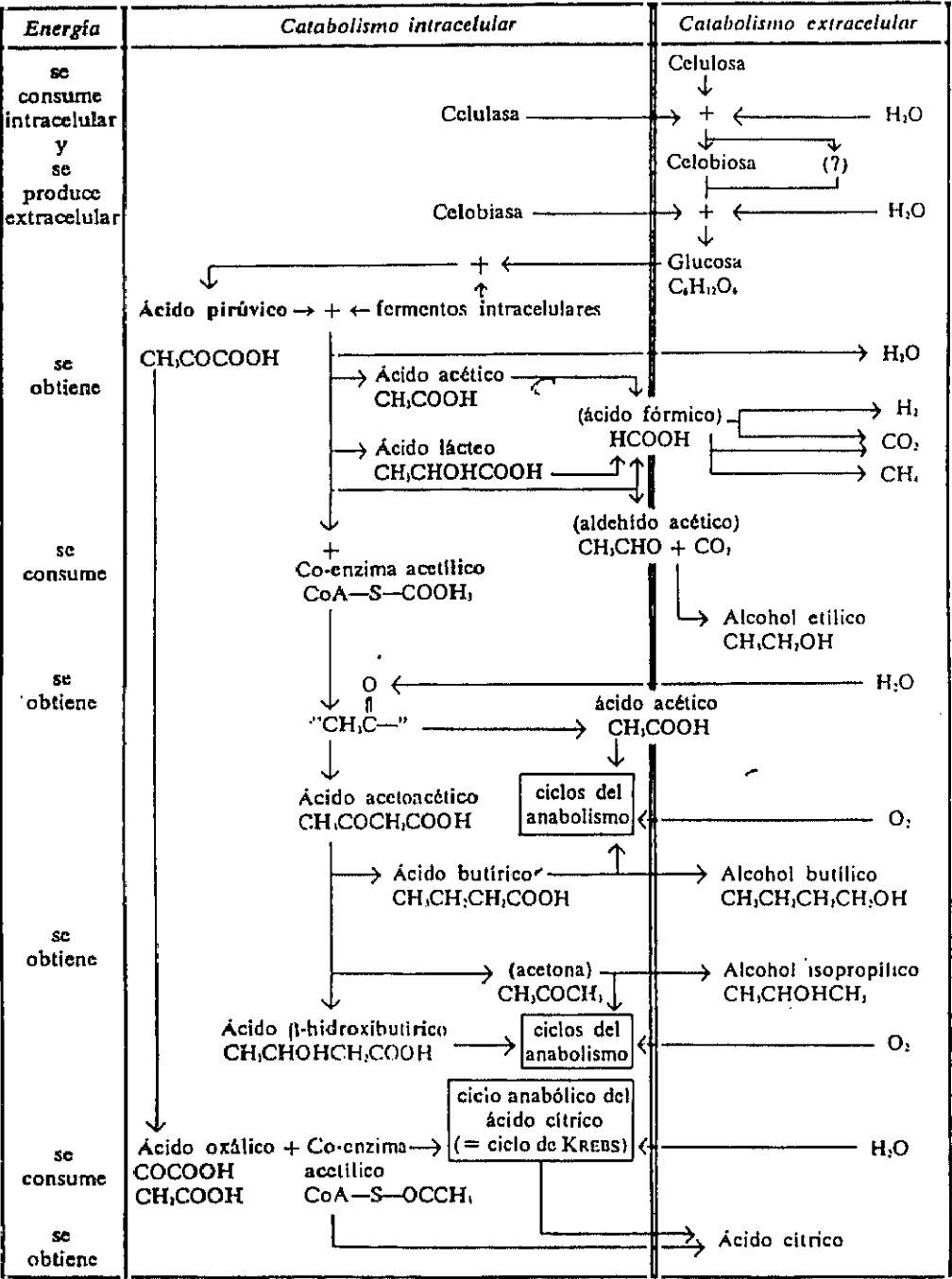
Los microorganismos, hongos y bacterias¹, alteran gravemente el papel; los daños más importantes son la destrucción de su estructura y las manchas provocadas por sus pigmentos (Valentín, 1990). Se desarrollan con preferencia en ambientes húmedos y cálidos y, como los insectos, también gustan de las sustancias adhesivas de origen natural.

Unos y otros actúan químicamente al descomponer la celulosa (polímero), transformándola en glucosa (monómero), por lo que el papel se debilita, y adquiere un aspecto blando y algodonoso; al consumir la celulosa, excretan productos nocivos, entre ellos elementos ácidos que hacen desaparecer el apresto superficial (papel poroso), fomentando otras degradaciones derivadas de la acidez (Cuadro 6). Ocasionan fuertes manchas producidas por pigmentos cuya coloración varía según la especie, y fomentan el ataque de la celulosa por los insectos al dejarla "parcialmente digerida".

Un proceso normal de degradación del papel por el ataque de microorganismos puede comenzar con la debilitación química de la celulosa, seguida de la destrucción del encolado por los ácidos generados, para finalizar con un ataque de anóbidos: el papel quedará muy débil y poroso, manchado de pigmentaciones, perforado y sucio por la nociva acción de los insectos.

¹ En el artículo de Valentín (1990) se halla un estudio de los principales microorganismos celulósicos encontrados en Madrid.

Cuadro 6 - Esquema de los posibles pasos del catabolismo de la celulosa (Kraemer).



Aún hoy se desconoce el motivo de la fuerte coloración que ocasionan muchos hongos; lamentablemente ésta no permite identificar la especie, ya que un mismo microorganismo causa pigmentaciones distintas. Hay hongos que generan por sí mismos modificaciones del color (cromóforos), pero en algunos casos la coloración puede deberse a los ácidos procedentes de la hidrólisis de la celulosa o a los productos residuales segregados por el microorganismo (Wood Lee, 7). Las manchas, que en ocasiones se manifiestan con relieve, pueden estar formadas por restos orgánicos (lignina) e inorgánicos (hierro), generados mediante la descomposición del papel.

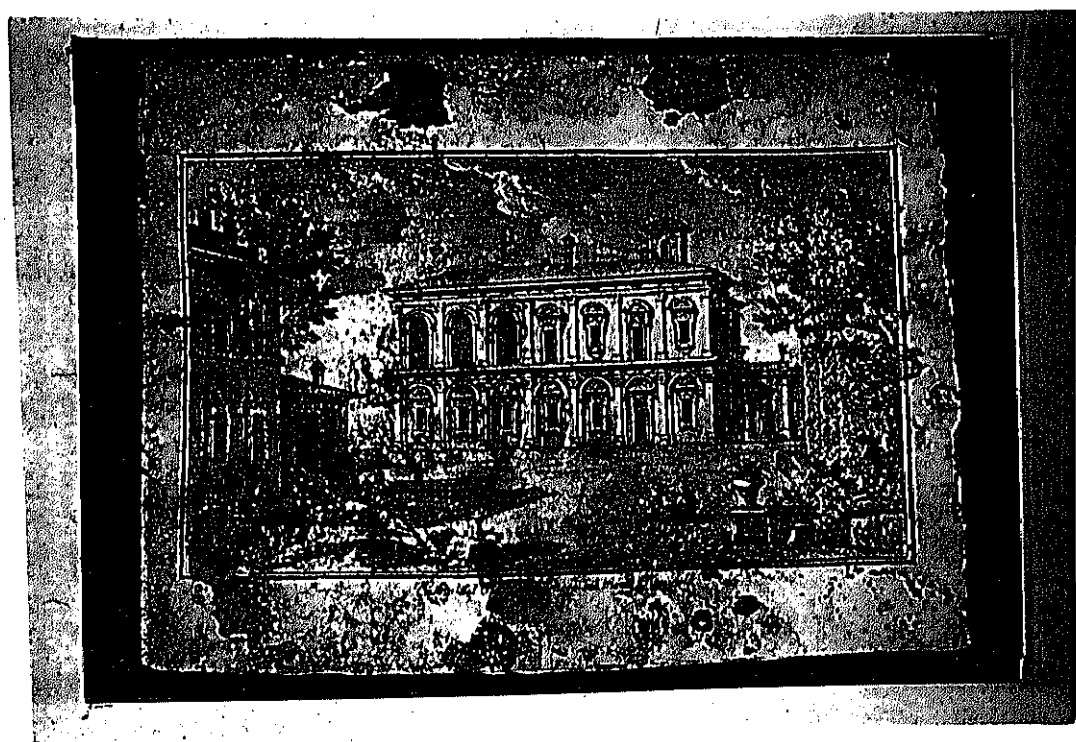


Fig. 58 - Estampa con manchas ocasionadas por pigmentaciones de microorganismos

Se sabe que al menos 180 especies de *moho* destruyen la celulosa; de ellos los más corrientes son el *Aspergillus* y el *Penicillium*. El moho¹ se reproduce mediante esporas, presentes en cualquier ambiente a la espera de hallar las condiciones climáticas óptimas para desarrollarse. Como método de supervivencia, los hongos tienen dos tipos de esporas, unas que se reproducen rápidamente pero que son muy sensibles a los factores climáticos (son las responsables del rápido crecimiento de las colonias en circunstancias favorables), y otras muy resistentes en condiciones poco propicias, que permiten mantenerse durante largos periodos de tiempo (Wood Lee, 1988, 7 y 13).

Las esporas, para reproducirse necesitan tres requisitos: alimento (papel) calor y humedad. Cuando encuentran estas condiciones (por ejemplo estampas con manchas de humedad) las esporas introducen sus raíces (hifas) en las fibras del papel, y la proliferación de hifas comienza a consumir y desintegrar las fibras (Cunha, 1988, 5).

La mayoría de los hongos proliferan, principalmente, en temperaturas entre 15 y 35 °C (mejor aún entre 24 y 30°C) y en condiciones de humedad de 65-80% HR. También prefieren sustratos ligeramente ácidos (pH 4,8-5,6) (Flexes, 1977, 26). Con todo, estos valores son muy variables según sea la especie, pues algunos hongos crecen en condiciones de casi congelación, y otros se desarrollan a partir de 60°C.

¹ Palabra comúnmente empleada para designar a los hongos criptogámicos (los que se propagan mediante esporas)



Fig. 59 - Estampa con manchas de humedad y descomposición del papel ocasionada por la acción de microorganismos (Fot. cortesía I.C.R.B.C.)

Aunque se piensa que la congelación destruye a los microorganismos, muchos de ellos (hongos y bacterias) pueden sobrevivir durante largo tiempo condiciones adversas. Lo que realmente les afecta son las radiaciones ultravioletas y temperaturas superiores a los 100°C (Valentín, 1990; Wessel, 1970). En el caso concreto de las bacterias, se puede decir que su humedad óptima es del 100% HR; cuando desciende del 65% su metabolismo tiende a interrumpirse.

La gran mayoría de las bacterias capaces de degradar el papel son aerobias (necesitan oxígeno para sobrevivir); dentro de este grupo se hallan las bacterias mesófilas, que se desarrollan preferentemente entre 30 y 40°C, y las termófilas (temperatura óptima entre 50 y 60°C). Aunque en general prefieren medios ligeramente alcalinos (pH 7,5) los requisitos varían según sea la especie.

El efecto de las bacterias es muy parecido al de los hongos; actúan produciendo una enzima que rompe las cadenas moleculares que forman la celulosa, convirtiéndola en glucosa, la cual, a su vez, es fácilmente digerible por muchos insectos que de otro modo no podrían devorar el papel. Al igual que la celulosa, descomponen la hemicelulosa, el almidón, el colágeno, etc. Sus efectos son aparentemente invisibles, pero producen manchas amarillentas y terminan transformándose en tonos que van del pardo al azul, pasando por el negro.

Parece ser que los microorganismos también son los causantes del "foxing", moteado de color sepia que aparece distribuido irregularmente por la superficie de algunos papeles. El origen del foxing es un tema aún desconocido, inmerso en una inagotable polémica sin acuerdo entre los investigadores, lleno de controversias.

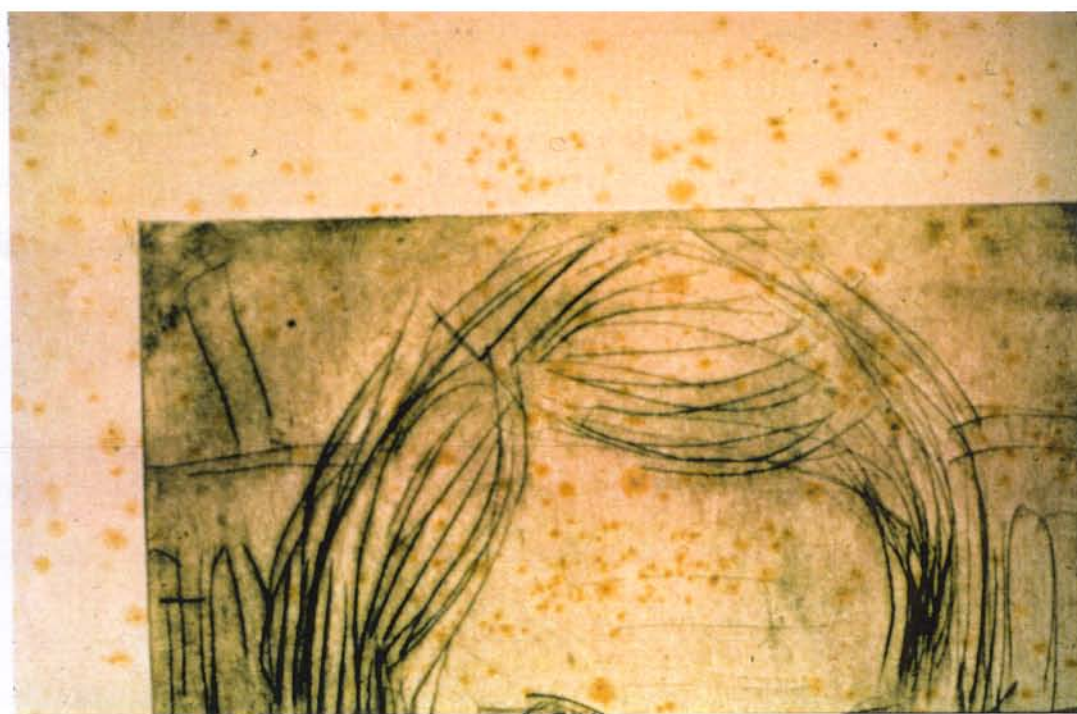


Fig. 60 - Detalle de estampa con daños de "foxing"

Hunter (1978, 154) ha observado como esta alteración no suele encontrarse en los papeles anteriores al siglo XVI; por ello atribuye su presencia a descuidos en la fabricación, ocasionados por la reducción del agua empleada y del tiempo necesario para la limpieza de las fibras, dada la gran demanda de papel que se origina a partir de esta época.

Algunos investigadores, entre ellos Beckwith, han atribuido el moteado a la acción del hierro, haciendo coincidir su aparición con el empleo de la pila holandesa; otros, como Hideo Asi, indican que es una forma de crecimiento biológico. En cualquier caso, lo que parece comprobado es que su probabilidad de aparición aumenta con las elevadas temperaturas, la humedad y los materiales de mala calidad (Wood Lee, 1988, 8).

Una opinión bastante generalizada, y que pone concordia entre las diferentes teorías, es la atribución de estas manchas a la presencia de un microorganismo "*...cuyos ácidos orgánicos reaccionan químicamente con las impurezas de origen metálico (hierro, cobre, etc.) que pueden existir en el papel*" (Crespo y Viñas, 1984, 24; Flexes, 1977, 26); al reaccionar con el hierro pueden formar sales y terminar descomponiéndose en oxígeno y en hidróxido de hierro.

Las últimas teorías (ICOM, 1990) proceden de investigaciones realizadas en Japón, en las que se relaciona la aparición del "foxing" con la celulosa degradada por radiaciones ultravioletas y posteriormente atacada por hongos que producen cristales de ácido cítrico. A su vez se indica que el moteado aparece a partir de 35°C y con una humedad relativa preferente superior al 75%.

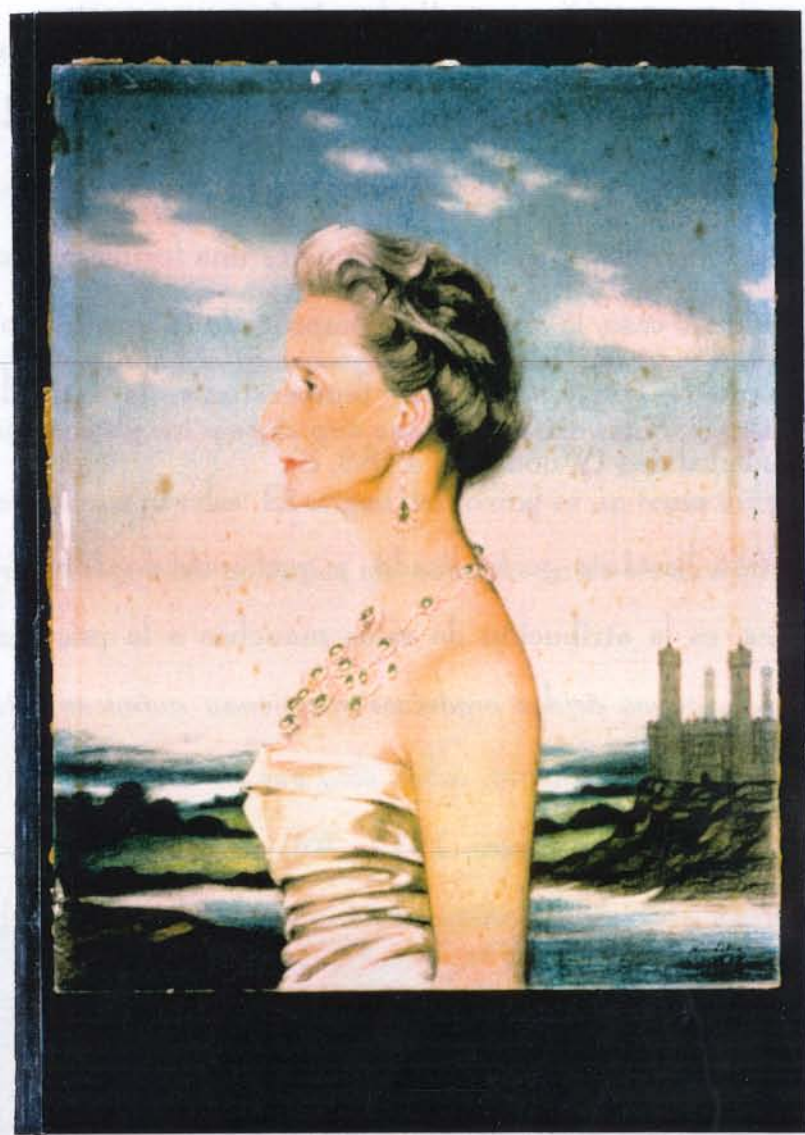


Fig. 61 - Dibujo alterado por manchas de "foxing"
(Fot. cortesía del I.C.R.B.C.)

2.7. CAUSAS CATASTROFICAS

En esta categoría de causas se agrupan sucesos extraordinarios e imprevisibles, como inundaciones, incendios, vandalismo, guerras, etc. A veces las consecuencias son mayores de lo normal, al unirse a lo inesperado del hecho, el desconcierto y las formas inadecuadas de actuación.

A pesar de no poder preverse, deben ponerse todos los medios al alcance para que no sucedan, y en caso de ocurrir, estar preparados para afrontar con serenidad y medios sus nefastas consecuencias.

En el caso de las inundaciones, fuertes trombas de agua pueden rasgar y deformar los papeles, que quedarán extremadamente frágiles tras haber sido humedecidos, amén de la consiguiente disolución de muchas tintas y de la aparición de manchas de barro o de otras materias en suspensión acuosa.

En los incendios, al factor nocivo del fuego, que prende con extrema facilidad en soportes celulósicos, hay que añadir los daños provocados al intentar sofocarlo con medios inadecuados, como las mangueras de agua que, aunque sean lo único eficaz en incendios de graves proporciones, ocasionan los mismos efectos que una inundación añadida a la alteración causada por las llamas.

En ambos casos, inundación y fuego apagado con agua, las obras correrán el riesgo de ser atacadas por microorganismos si, a la espera de ser tratadas, se almacenan húmedas y en malas condiciones.

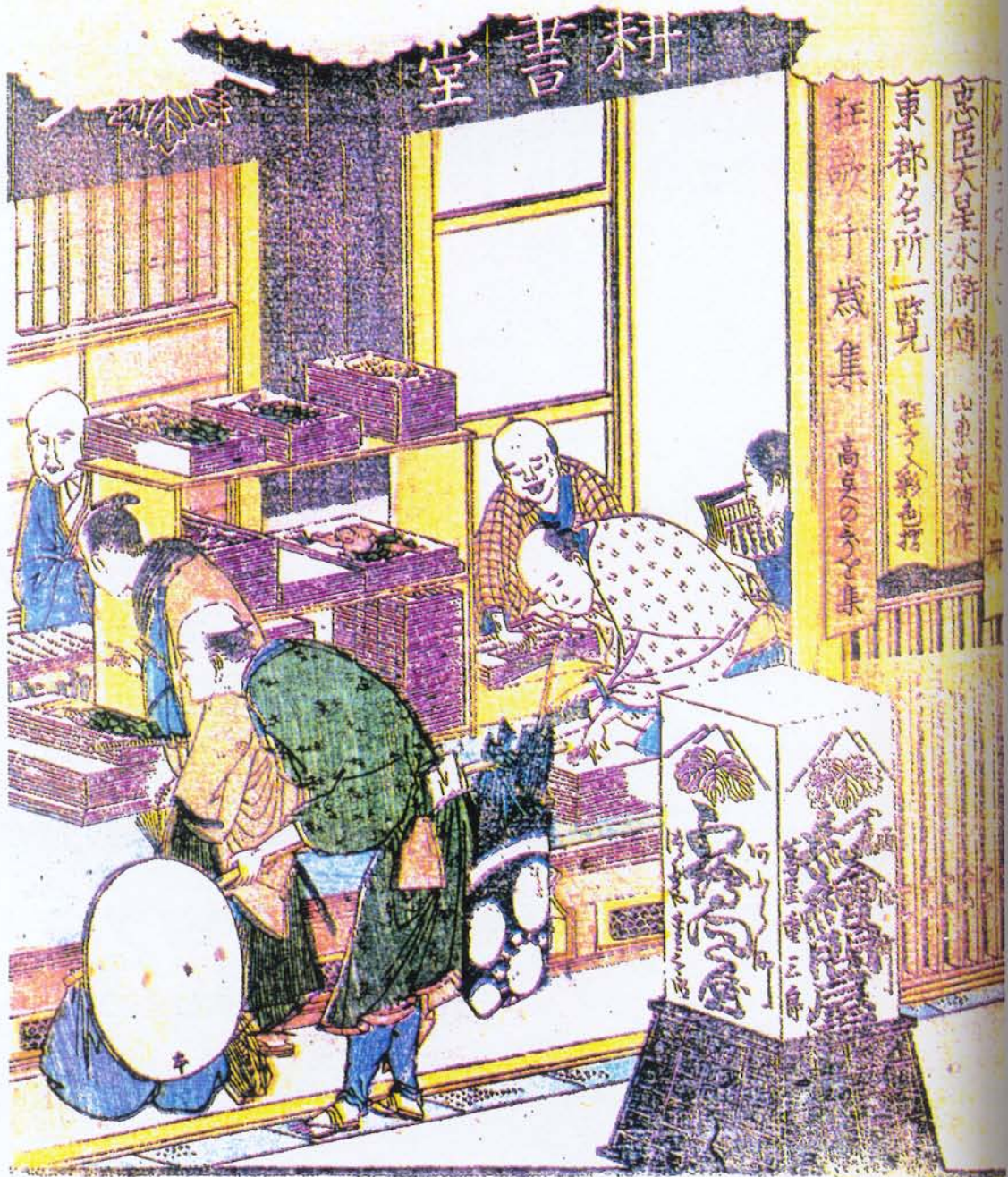
En casos de guerra o temor al vandalismo, la ubicación de las obras más o menos precipitadamente para salvaguardarlas, puede ser desastroso por incumplir las condiciones mínimas ambientales para su buena conservación. Un buen ejemplo es la colocación indiscriminada de obras de papel en cajas de seguridad, en las que la acidez de los documentos, condensaciones de humedad, ataque de bibliófagos, etc., actúan como factores letales con total impunidad hasta la destrucción de todo el material almacenado, sin que nadie repare en ello hasta que se produzca su apertura al cabo de muchos años.

PARTE SEGUNDA:

La permanencia del papel

**III - A la búsqueda de un
papel permanente:
El papel permanente y su
normalización**

繪草紙店



1. LA ESTABILIDAD DEL PAPEL: PERMANENCIA Y DURABILIDAD

1.1. PROBLEMATICA ACTUAL

Cualquier persona familiarizada con el mundo de la documentación gráfica ha podido constatar el rápido deterioro a que se ven sometidos los papeles modernos frente a la gran permanencia que muestran, a pesar de su antigüedad, la mayoría de las obras anteriores a la segunda mitad del siglo XIX. Es claro que, hoy en día, causa mayor preocupación la conservación del papel actual (siglos XIX-XX), que la de aquellos que vienen perdurando desde bastantes siglos atrás (siglos XI-XVIII).

Como se ha comentado en páginas anteriores, las causas de este gran desastre para nuestra cultura son bien conocidas, y se deben principalmente a las materias primas empleadas para la fabricación del papel. Determinadas pastas papeleras, obtenidas a partir de la madera, y los sistemas ácidos de apresto (como el encolado con alumbre-colofonia) son básicamente los responsables del amarilleamiento y fragilidad que ocasionan el envejecimiento prematuro de los papeles modernos, provocado por procesos de acidez y oxidación.

Desde el punto de vista de la conservación, el buen comportamiento de un objeto frente al paso del tiempo se define desde dos características fundamentales: la permanencia y la durabilidad. La **permanencia** se refiere a

"la cualidad de un objeto para mantener sus características originales con el paso del tiempo" y la durabilidad a la "resistencia de un objeto a ser deteriorado por el uso". La permanencia afecta a la materia y la durabilidad a la función.

Cuando el soporte de documentos gráficos y obras de arte tiene como materia el papel, la permanencia como tal es una característica coincidente en ambos, pero no la durabilidad, ya que la finalidad es distinta: en los documentos gráficos prima el manejo (han de ser leídos y manipulados), en la obra artística es esencial la estética (la contemplación de lo creado por el autor). El cumplimiento de la finalidad de los documentos implica trasiego (resistencia mecánica), mientras que las obras de arte requieren exposición (resistencia de las cualidades ópticas).

En este sentido hay que dar la voz de alarma, pues la realidad es que papeles de muy mala calidad están siendo empleados como soporte de parte de nuestro Patrimonio Histórico, tanto Artístico como Documental, lo que significará su total deterioro en menos de un centenar de años, con la consiguiente pérdida de una importante parcela de nuestra cultura. Incluso, desde el punto de vista crematístico, resulta paradójico cómo en muchas ocasiones se realizan compras de obras artísticas sobre papel como medio de inversión a largo plazo, ignorando el hecho de que muchas de ellas, si no se pone remedio a tiempo, están condenadas a un rápido deterioro por culpa de los componentes que constituyen el soporte.

Según la *European Foundation for Library Cooperation*, órgano de la Comisión Europea, 25% de los libros que existen en las bibliotecas europeas

impresos a partir de 1850 sobre papel ácido han amarilleado, están frágiles y quebradizos y muestran diferentes grados de desintegración (EFLC, 1994a).

Como dato orientativo del problema en España, cabe indicar que, en nuestro país, sólo se puede considerar de buena calidad, desde el punto de vista de la conservación, menos del 10% del papel fabricado, por lo que no puede garantizarse una permanencia mayor de 75 ó 100 años para más del 90% de la producción (C.N.C., 1992, 67-68).

Es obvio que esta permanencia es más que suficiente en terminos de "consumo doméstico", pero referida a "documentación cultural y artística" supone unos límites de vida intolerables.

Conscientes de este hecho, son muchos los responsables de la salvaguarda de nuestro patrimonio preocupados por el tema. A nivel internacional, y gracias al grito de alerta lanzado principalmente por conservadores, archiveros y bibliotecarios¹, se ha ido tomando conciencia del problema a instancias cada vez más elevadas², de manera que ya son muchos los países que han dictado normas relativas a las características que entienden como imprescindibles para que los papeles perduren. Incluso, en lo que se

¹ Valga como ejemplo el conjunto de resoluciones tomadas en 1989 por la *International Federation of Library Association (IFLA)* y por la *International Publisher Association (IPA)*, sobre papel permanente, en las que se recomienda encarecidamente su uso.

² En el ámbito europeo, en 1989 los Ministros de Cultura comunitarios decidieron reforzar la cooperación en este sentido. Uno de los frutos de esta decisión fue la primera reunión de las Comunidades Europeas dedicada a "la conservación del papel ácido y el uso del papel permanente", celebrada en La Haya en 1991.

refiere a documentación oficial de determinada importancia, se obliga al empleo de papeles que reunan unos mínimos requisitos de permanencia¹.

El inconveniente de la mayoría de las normas sobre papel permanente es que sólo van dirigidas al campo de la documentación de archivos y bibliotecas, y prácticamente se olvidan, o posponen para estudios futuros, la normalización de las exigencias para papeles de uso artístico.

Dichos papeles requieren unas exigencias específicas; su finalidad y uso no son los mismos que los de la obra documental, por lo que las causas de deterioro y la trascendencia de sus efectos es distinta (como ejemplo, la importancia del amarilleamiento ante la iluminación en las exposiciones).

A pesar de que las normas dictadas hasta el momento no se adecuan a las características de los papeles artísticos, sirven de precedente frente a la concienciación sobre el problema, y de guía ante la falta de una reglamentación específica.

Desgraciadamente, en España la problemática de la permanencia del papel es prácticamente ignorada a nivel institucional y ni siquiera en el ámbito documental la Administración Central o las autonómicas y locales han tomado cartas en el asunto. Lo que es peor, arrastrados por un falso entendimiento de la protección medio-ambiental, cuando algunas instituciones se han involucrado en el tipo de papel que debe ser empleado en sus ámbitos, han optado por el papel reciclado para todo uso, sin exceptuar la documentación de

¹ Entre los países que ya cuentan con normas al respecto destacan los Estados Unidos de América, Alemania, Países Bajos, Finlandia, Suecia y Dinamarca.

relevancia histórica, cultural o administrativa. Este mismo hecho se constata en el ámbito de los consumidores de papel artístico, pues junto a la oferta de productos con características de permanencia (papel libre de ácido, encolado neutro, etc.) se extiende la demanda de papeles reciclados y ecológicos, como faceta alternativa.



A



ISO 9706

B

Fig. 62 - Símbolo identificativo de la permanencia del papel, según normas ANSI/NISO Z39.48 (A) e ISO 9706 (B)

1.2. HACIA UNA DEFINICION DE PAPEL PERMANENTE

1.2.1. Antecedentes

La gravedad del problema de la permanencia del papel ha alcanzado tales proporciones que ha puesto en vigilancia a responsables de todo el mundo, y podemos asegurar que hoy en día asistimos a una toma de conciencia generalizada sobre la necesidad de prolongar la vida de nuestro patrimonio cultural, a través de la protección de su soporte material.

Muchos científicos preocupados por la permanencia del papel han estudiado sus causas de deterioro y han establecido las características que según ellos debían definir a un papel como permanente. Estos estudios han ido generando una terminología (v. gr. *papel libre de ácido*, *papel con reserva alcalina*, *encolado neutro*, *papel con cualidades de conservación*, etc.) que se ha extendido al entorno de la manufactura y comercialización del papel, muchas veces con significados equívocos y propagandísticos, creando confusión en los usuarios. Se hace necesario así establecer una uniformidad de criterios.

Por su parte, esta cuestión también ha sido abordada por entidades profesionales de la industria papelera y por los órganos nacionales de normalización¹, que han comenzado a generar "normas" sobre lo que debe entenderse como "papel permanente".

¹ Únicamente las normas nacionales e internacionales emitidas por estos órganos (UNE, AFNOR, DIN, ISO, etc.) tienen carácter oficial.



Por tanto, existen dos formas de afrontar el problema, la científica y la reglamentaria; resulta impensable el desarrollo de una solución eficaz contra este problema si no contamos con una absoluta compenetración entre ambas facetas. En efecto, como toda normativa, la referida al papel no resultaría eficaz si no se adapta a la realidad sobre la que está llamada a operar, por lo que no podríamos esperar el efectivo cumplimiento de normas que no respondiesen a las posibilidades del desarrollo tecnológico de la industria papelera, el cual, a su vez, encontrará un fuerte acicate en su interés por adaptarse a las exigencias normativas. La retroalimentación se completará en la medida en que asistamos a la constante actualización y adaptación de la reglamentación al estado de los conocimientos técnicos en materia papelera.

Acorde con estas premisas, la lucha contra el problema se bifurca en dos frentes, diferentes pero absolutamente complementarios: el frente "institucional" (la formación de una normativa reguladora) y el de la investigación científica y desarrollo tecnológico.

No obstante, estas consideraciones que nos parecen obvias son tributarias de un largo camino de intensa preocupación y cooperación. En efecto, cuando en los años 60 comienza a ponerse de manifiesto la preocupación de los científicos y se difunden las investigaciones sobre permanencia del papel, asistimos también al nacimiento de cierta normativa reguladora en el subcontinente indio, aunque aún tendrían que pasar algunos años para que la corriente reglamentadora comenzara a desarrollarse plenamente en los países de ámbito occidental, donde será Estados Unidos quien lidere el fenómeno.

En resumen, un estudio sobre la permanencia del papel no puede sino ser abordado desde esta perspectiva fundamental: la respuesta normativa surgida de la inquietud generada por las investigaciones científicas.

La preocupación científica por la degradación del papel mostró sus primeros indicios en 1829, cuando *John Murray* empleó la tintura de tornasol (método para evaluar la acidez) para identificar los papeles estables (Thomas, 1987, 2). Estas primeras investigaciones se consolidaron hacia finales del siglo XIX, con el nacimiento en Londres del *Committee on the Deterioration of Paper* (Barrow, 1967, 7). A partir de este momento, y entrados en nuestro siglo, los estudios se fueron intensificando, destacando en la década de los 20 las aportaciones de *Kohler y Gall*, de la Oficina de Ensayos del Gobierno de Suecia (Thomas, 1987, 2).

La completa difusión de la problemática del papel permanente proviene de los años 50, con *William J. Barrow* como uno de los principales estudiosos de los problemas de la acidificación y uno de los primeros promotores del papel "libre de ácido"; en 1957-58 dirigió, bajo el patrocinio de la *Virginia State Library*, una investigación en la que se abordaban las causas y posibles soluciones al problema del deterioro de los libros contemporáneos de las bibliotecas estadounidenses. Se inauguraba así una vía de trabajo, continuada en una serie de investigaciones en la década de los 60, como el proyecto de investigación (1962) *Cotton fiber Group of the writing Paper Manufactures Association* en el *Institute of Paper Chemistry*, con la finalidad de establecer la permanencia y durabilidad de papeles del momento, validar procedimientos de envejecimiento acelerado para predecir la permanencia, y establecer los factores

más importantes que influían en el deterioro del papel (Browning, 1970, 18-38). El conjunto de estas investigaciones son ahora una valiosa ayuda para delimitar los conceptos y el objeto de este estudio.

Será también en Estados Unidos donde, en la década de los 80, adquiriera caracteres de actualidad la preocupación reglamentadora, a la que más tarde se une el ámbito europeo. Aunque la manifestación particular de la normalización sobre papel permanente cuenta con pocos años¹, se enmarca en un fenómeno general decantado desde la primera mitad de este siglo².

En efecto, la estandarización y la creación de organismos acordes surge paralela al desarrollo industrial. Su origen se encuentra en la industria eléctrica de principios de siglo (creación en 1906 de la Comisión Electrotécnica Internacional)³, aunque su extensión no se produce sino hasta el conflicto bélico de 1914-18, con la creación del Comité Interaliado (Francia, Inglaterra, Estados Unidos e Italia) para unificar las condiciones de ciertas materias primas. Acabada la guerra y disuelto el Comité, en Francia un Decreto de la Presidencia instituyó la Comisión Permanente de Standarización, llamada posteriormente (1930) Comisión Superior de Normalización (C.S.NOR.). Esta Comisión fijaría las direcciones de orden general y científico que debían seguirse en el establecimiento de diversas normalizaciones y sancionaría oficialmente las normas propuestas por la *Asociación Francesa de Normalización (AFNOR)*, la cual agrupaba a los organismos franceses de normalización (B.N.).

¹ Durante la redacción de este trabajo ha sido aprobada definitivamente la norma internacional ISO 9706.

² Para algunos apuntes históricos sobre la institucionalización de la normalización, consultar Apéndice de la Enciclopedia Espasa-Calpe, Tomo IX, 1462 ss., y Tomo VII, 1202-1203.

³ Similar evolución se presenta en España; a partir de la industria eléctrica surge la Comisión Permanente de Electricidad (R.D. 22/11/1912), dependiente en principio del Ministerio de Fomento.

La institucionalidad normalizadora francesa presenta un carácter análogo en muchos países, cuyos organismos "ad hoc" se agruparán en la Federación Internacional de las Asociaciones Nacionales de Normalización o *International Standards Association (ISA)*, que va a tener como misión la coordinación de todos los trabajos dirigidos a una estandarización general.

En la década de los 30-40 parece ya haber un consenso internacional sobre la necesidad, aunque fundamentalmente orientada por cuestiones económicas, de generalizar el fenómeno de la "standardización" o normalización; lo que se pretende es "...la unificación de los medios de producción: métodos y material...suprimir las variedades inútiles y generalizar en cuanto sea posible las mismas concepciones, iguales aplicaciones e idénticos procedimientos técnicos" (ESPASA-CALPE, Enciclopedia, Tomo 57, 967). En este sentido podemos asumir el concepto que, a propósito de la creación de la Comisión Española de Normalización Textil (UNE-TEX), nos da la Enciclopedia Espasa-Calpe: "...la acción de adaptar a normas, es decir, a leyes o reglas, los tipos de materias determinadas e instrumentos empleados para la fabricación de productos varios..." (Suplemento 1942-44, 1181).

Si bien el concepto de norma o *standard* queda así delimitado en su contenido, resulta necesario adaptarlo a modernas concepciones que alejándose del purismo económico se acercan a la de la **fiabilidad técnica e investigadora**. Resulta hoy claro que la normalización presenta una serie de ventajas, entre las que destacan, por una parte, el hecho de someter a un **patrón de calidad** determinados productos, y por otra, reconducir a una actuación reglada, sometida a **modelos contrastados**, un determinado trabajo de investigación, y por tanto valorable bajo unos **criterios** más o menos objetivos y universales. Este último aspecto resulta de vital importancia en el ámbito de este trabajo, ya que el sometimiento a determinadas normas nos

permitirá medir variables sometidas a un proceso más o menos internacional de uniformidad y bajo métodos contrastables.

El reconocimiento de la normalización como proceso fundamental para la elaboración de un concepto unánime sobre el papel permanente queda suficientemente demostrado con el interés que manifiestan los países por alcanzar un cierto grado de generalización, ya sea a través del establecimiento de normas nacionales más o menos uniformes, de la adopción de normas de carácter supranacional (como ISO¹), o con la elaboración de importantes proyectos en común (CEN²).

Por todos estos motivos, el eje de esta investigación, tanto en el fondo como en la forma, lo constituye la "normalización" sobre la permanencia del papel, cuyo desarrollo se expondrá detalladamente a lo largo de esta parte de la Tesis.

1.2.2. Concepto de papel permanente

Como ya se ha señalado, junto a estos antecedentes debemos recurrir a otros factores para definir el concepto técnico de papel permanente, guía de este trabajo, no olvidando el peso de la figura de Barrow y de otros investigadores que trabajan o han trabajado en este campo, y más en concreto, en la acidificación del papel, una de las causas más perniciosas de su deterioro y aniquilación.

¹ *International Standard Organization.*

² *Comité Europeo de Normalización.*

Sabiendo que el papel se degrada a causa de ciertos componentes empleados en su proceso de manufactura, está claro que la solución es eliminar estos agentes nocivos o sustituirlos por otros que resulten inocuos. Si además se añaden al papel determinadas sustancias que lo "vacunen" o actúen como elemento preventivo de la degradación, potenciada por situaciones ambientales no favorables, tendríamos un soporte muy adecuado desde el punto de vista de la conservación.

En este caso, y resumiendo lo visto en anteriores capítulos los principales elementos a tener en cuenta son los siguientes:

1) **La pasta de madera:** La madera contiene **lignina**, materia que propicia la degradación química del papel; cualquier pasta con alto contenido en lignina resulta claramente nefasta para la conservación. La sustitución de la pasta de madera por pasta de fibras textiles (trapos, algodón, lino, etc.) o de fibras liberianas eliminaría completamente el problema derivado de la lignina, pero esto supondría un alto coste, difícil de asumir en muchas circunstancias. Sin embargo, cuando la pulpa de madera se obtiene mediante métodos de desintegración químicos (pastas químicas) frente a métodos de desintegración mecánicos (pasta mecánica), la mayoría de la lignina desaparece, máxime si se efectúan procesos de blanqueo. En este caso es factible obtener papeles de pasta de madera con un contenido nulo de lignina: son los llamados *papeles de pasta química blanqueados*.

2) **El apresto ácido:** El método de encolado en masa más empleado a partir del siglo XIX es el apresto con **alumbre/colofonia**, que provoca una

reacción ácida en el papel, ocasionando fragilidad y amarilleamiento. Este sistema puede ser perfectamente sustituido por un *sistema de encolado neutro*.

3) **Otros elementos susceptibles de oxidación o de acidificación:**
Elementos como residuos en forma de partículas metálicas, sistemas de blanqueo excesivamente oxidativos, etc., dañan en mayor o menor grado la celulosa que compone el papel, y por ello son perniciosos para la buena conservación.

Debido a que las causas de alteración del papel repercuten en el problema de la acidificación, la inclusión de un elemento alcalino entre sus fibras ayudará a contrarrestar tanto los problemas que provengan de su propia constitución como aquellos que resulten de un ambiente contaminado. La adición de estas cargas alcalinas (generalmente carbonato cálcico) es lo que recibe el nombre de "*reserva alcalina*".

4) Un último punto a tener en cuenta es la **resistencia del papel a la manipulación**; el tipo de fibras y su tratamiento posterior (contenido en celulosa, longitud de fibra, refino, etc.) influirá claramente en la "*durabilidad*" del futuro documento¹.

5) Si somos muy exigentes, podemos tener en cuenta un mayor número de factores, pues la técnica ha evolucionado lo suficiente como para poder solucionar problemas que afectan al papel desde un medio hostil.

¹ La "*durabilidad*" de un documento se define principalmente como la resistencia al uso, frente a la "*permanencia*", que viene referida a la capacidad para soportar el paso del tiempo, sin que esto implique manipulación.

Un papel puede ser tratado con insecticidas, fungicidas o bactericidas que prevengan el ataque biológico, con materiales ignífugos para que sea resistente al fuego, con elementos hidrofugantes que lo inmunicen en mayor o menor grado frente a la humedad, etc.

Basándonos en todas estas características, un papel con buenas cualidades desde el punto de vista de la conservación sería aquel cuya fabricación se ha hecho en determinadas condiciones y empleando o no determinadas materias que influyen en su permanencia y durabilidad.

Por tanto, los criterios que definen un papel como permanente están en función del cumplimiento de unos requisitos de manufactura. El grado de adecuación ante estos requisitos puede ser valorado mediante una serie de análisis químicos y físicos, que son los que determinan finalmente la bondad del papel.

Este fue el sistema propuesto por Barrow (1969), basado en la determinación, mediante test "de toque", de la presencia o no de:

- Pasta de madera
- Acidez (pH)
- Alumbre
- Resinas

Por otro lado, se puede partir del hecho de que son tantas y tan desconocidas las variables intrínsecas que afectan a la pervivencia de un papel, que la mejor manera de evaluar su comportamiento frente al paso del tiempo es dejando que este transcurra.

Evidentemente esta proposición es inviable y, para determinar la aceptación o no de un papel se recurre a las pruebas de envejecimiento acelerado, aún sabiendo que su correlación con el envejecimiento natural no es satisfactoria. En este caso podríamos considerar que *un papel permanente es aquel capaz de no perder un porcentaje determinado de sus cualidades después de someterse a una simulación de envejecimiento.*

Los sistemas de envejecimiento acelerado se han empleado tradicionalmente para evaluar la resistencia de los materiales. En el campo de la investigación química de la industria papelera, fueron desarrollados a finales del siglo XIX, cuando se estableció el uso del calor y la luz como fuente de envejecimiento y se realizaron experimentos para correlacionar los datos experimentales con los de envejecimiento natural (Barrow, 1964, 19).

Tanto para verificar la importancia de las características químicas y de los componentes del papel como causa de envejecimiento (Barrow, 1963), como para predecir directamente sus posibilidades de permanencia, muchos investigadores, entre ellos Barrow (1964), emplearon el envejecimiento acelerado y, dentro de él, los cambios en la resistencia mecánica (plegado y desgarro).

Así, a la hora de definir un papel como permanente nos encontramos con dos tendencias:

- 1: Considerar que un papel es permanente o no según sus componentes (análisis químicos).

- 2: Considerar que un papel es permanente o no según un máximo de pérdida de propiedades tras el envejecimiento acelerado (pruebas de

envejecimiento artificial, acompañadas generalmente de ensayos físico-mecánicos).

Hay que tener en cuenta que la primera tendencia supone unos conocimientos más avanzados en comparación con la segunda corriente, ya que para comprobar si realmente las características propuestas influyen en la permanencia del papel, se ha tenido que recurrir anteriormente a los estudios de envejecimiento natural y acelerado (ASTM D-3290-86, 5)

Para identificar la permanencia de un papel es necesaria una normativa que especifique claramente qué es lo que se entiende como tal y cómo puede ser **comprobado y certificado**. Si estudiamos las dos posturas anteriormente expuestas, la exigencia acerca de la composición y propiedades del papel, o de la resistencia tras el envejecimiento acelerado, podemos llegar a la conclusión de que ambos puntos de vista tienen un fuerte fundamento avalado por serias investigaciones y ninguno de ellos debe ser descartado "a priori"; es más, como ya hemos dicho, una visión completa del tema debería incluir ambos. Pero es obvio que si se desea tener una norma factible se deben acotar las exigencias requeridas respecto al número de ensayos y su facilidad de ejecución; una acepción de permanencia excesivamente restrictiva, que precisase un elevado y complejo nivel de pruebas experimentales, podría hacerla impracticable.

Otro problema adicional se presenta al definir el **término permanencia**. Podemos emplear el término en un sentido amplio, entendido como capacidad para soportar el paso del tiempo, o de una forma más restrictiva pero de mayor exactitud, diferenciando permanencia, como resistencia en condiciones de almacenamiento (que incluso podemos entender desde un ambiente de

conservación normal a otro extremo u hostil), frente a durabilidad, referida a la aptitud para soportar el uso; en el primer caso predomina la influencia de las características físico-químicas de los componentes del papel y en el segundo las mecánicas o funcionales.

Una última cuestión a la hora de especificar lo que entendemos por "papel permanente" es el nivel de permanencia deseado. Podría establecerse un grado de permanencia máximo según el desarrollo técnico actual, un grado de permanencia suficiente hasta el límite de no suponer un coste económico adicional, o distintos niveles de permanencia según el documento al que fuera dirigido el soporte.

Ante la ausencia de una norma española con la que regir nuestros pasos, encaminados a determinar la permanencia de una muestra de papeles, en este capítulo haremos una recopilación de todas las normas existentes al respecto en distintos países¹, para hacer hincapié en aquellos casos en los que se menciona el tema de la permanencia de papeles para uso artístico, y en la normativa internacional que, por la carencia nacional ya indicada, es la que debería tener incidencia en nuestro país. Con este estudio, justificamos la elección del sistema escogido para determinar la permanencia de los papeles analizados en capítulos posteriores.

¹ En España el organismo encargado de la normalización es AENOR (Asociación Española de Normalización), en cuya sede se puede consultar y adquirir la mayoría de las normas citadas en este trabajo (Ver Anexo "Organismos...").

2. PROPUESTAS PARA UN PAPEL ESTABLE CON VISTAS A LA CONSERVACIÓN: LA NORMALIZACIÓN RELATIVA A LA PERMANENCIA DEL PAPEL

Para recabar mejor y más amplia documentación, analizaremos separadamente las normas propuestas o vigentes en las distintas partes del mundo y en los respectivos países.

La división es por continentes, y dentro de ellos los países se han ordenado, en principio, alfabéticamente. Aunque las referencias son desiguales en información y aplicación, creemos que resulta importante mencionar todos los ámbitos donde tenemos noticias de la existencia de normas relativas al tema que nos ocupa.

La no marginación del continente asiático es importante por cuanto demuestra que el problema que tratamos no afecta únicamente a la cultura de occidente, aunque aquí se de el mayor desarrollo.

Como resumen de este estudio se ha elaborado un cuadro, que se encuentra en las últimas páginas de este apartado, donde aparecen todas las normas vigentes a las que hacemos referencia junto con sus características principales (Cuadro 7).

2.1. LA NORMALIZACIÓN EN ASIA

Nuestras referencias al respecto se limitan únicamente a India y Pakistán, destacando el hecho de que India ha sido el primer país del mundo con una norma nacional emitida por un organismo oficial.

2.1.1. India

IS 1774 1961¹: Papel para documentos permanentes

Curiosamente en India existe una norma sobre papel para documentos permanentes desde el año 1961. En esta norma (Thomas, 1987), además de la idoneidad del papel para la escritura, se indican requerimientos sobre la constitución (presencia o ausencia de determinados componentes o elementos), características químicas, resistencia física, y comportamiento tras el envejecimiento acelerado respecto a propiedades químicas y mecánicas:

- Tipo de fibras (que deben ser al 100% de algodón, hilo o mezcla de ambos)
- Contenido en alfacelulosa
- pH mínimo de 5.5
- Índice de cobre máximo del 2%
- Contenido de cenizas máximo del 2%
- Resina de trementina con un 1.5% máximo
- Resistencia al estallido y al plegado
- Envejecimiento acelerado (durante 72 horas a 103°C), reteniendo:
 - Al menos el 98% de alfacelulosa
 - Sin que aumente el índice de cobre más de 0.5
 - 50% de la resistencia al plegado

¹ *Indian Standards Institution*. Norma no disponible en España.

2.1.2. Pakistán

PS 776 1970¹: Papel para documentos permanentes

La norma paquistaní sobre papel permanente es muy similar a la norma de la India IS 1774-1961 (Thomas, 1987). Indica, además de la calidad de fabricación, especificaciones sobre la constitución (presencia o ausencia de determinados componentes o elementos), características químicas, resistencia física, y comportamiento tras el envejecimiento acelerado respecto a propiedades químicas y mecánicas:

- Tipo de fibras (100% de algodón, hilo o mezcla de ambos)
- Contenido en alfacelulosa (mínimo de 85%)
- pH entre 6.5 y 8- Índice de cobre máximo del 2%
- Contenido de cenizas máximo del 2%
- Resina de trementina con un 1.5% máximo
- Resistencia al estallido y al plegado
- Envejecimiento acelerado (durante 72 horas a 103°C, reteniendo:
 - Al menos el 98% de alfacelulosa
 - 50% de la resistencia al plegado
 - Sin que aumente el índice de cobre más de un 0.5.

¹ *Pakistan Standards Institution*. Norma no disponible en España.

2.2. LA NORMALIZACION EN AMERICA:

Aunque al referirnos a América no olvidemos su división en amplias áreas geográficas, el tema que nos ocupa atañe únicamente a América del Norte, con diferencia neta entre Canadá y Estados Unidos.

Los Estado Unidos de América han jugado un papel muy importante en el desarrollo de la normativa moderna, ya que han sido los abanderados en la difusión del "papel permanente" y el punto de mira hacia el que se han dirigido el resto de las naciones para elaborar su propia normativa. Son también el país donde, a todos los niveles, la concieciación es mayor.

2.2.1. La normativa estadounidense

La complejidad administrativa y la contribución de organismos no gubernamentales obligan a diferenciar distintos órganos y comités que han intervenido e intervienen en la normalización del papel. Por ello se han individualizado los correspondientes organismos, tratando de matizar los conceptos que guían y subordinan los criterios adoptados o propuestos según convenga al caso,

2.2.1.1. *The American Society for Testing and Materials (ASTM):*

ASTM D 3290-86 "Standard Specifications for Bond and Ledger papers for permanents records"

La Asociación ASTM ha tenido una labor decisiva en lo que respecta a la normalización sobre la permanencia del papel, pues además de haber publicado el grupo más importante de normas relativas al papel permanente, éstas, como pioneras, han servido como base a otras muchas elaboradas con posterioridad por parte de otros organismos.

Junto a la norma de nuestro interés, ASTM D 3290-86 - "*Standard Specifications for Bond and Ledger papers for permanents records*" (Especificaciones normalizadas para papeles de impresión, escritura y registro para documentos permanentes), están las siguientes normas:

- ASTM 3208-86 (desde 1981) - "*Manifold papers for permanent records*" (papeles de copia para documentos permanentes)
- ASTM 3458-85 (desde 1975) - "*Copies from office copying machines for permanents records*" (Copias de máquina copiadora de oficina para documentos permanentes)
- ASTM 3301-85 (desde 1974) - "*File folders for storage of permanent records*" (Carpetas de archivadores para almacenamiento de documentos permanentes)
- ASTM Z08162 - "*Proposed Standard Specification for Performance of Artist Papers*" (Propuesta para papeles de uso artístico).

Los requisitos de permanencia según ASTM D 3208 y ASTM D 3458 son prácticamente similares a los de ASTM D 3290¹; en todo caso, todas las normas citadas se basan en los mismos principios².

La norma ASTM D 3290-86 está indicada para papeles de escritura e impresión (tipo "bond" y "ledger"), destinados a la preparación de documentos permanentes y semipermanentes. Sólo es aplicable a papeles cuyo gramaje esté comprendido entre 50 y 135 g/m², pues no se tienen en cuenta resultados de resistencia para los que se encuentren fuera de este margen, que es el indicado para los papeles destinados a la escritura e impresión de libros y documentos de archivo.

Es una norma de niveles, basados en el principio de que la permanencia es una función aproximada del grado de acidez del papel; según se indica en la propia norma, esta conclusión fue tomada después de varios estudios de envejecimiento natural y acelerado, de modo que para una información más completa sobre la permanencia de un papel debería recurrirse a este tipo de ensayos.

Partiendo de la importancia de la acidez en los papeles, se establecen tres niveles de permanencia (Máxima, Media y Alta), subdivididos cada uno de ellos en dos grados relativos a la durabilidad, que aparecen en función de la

¹ Todas estas normas aparecen descritas en el Estudio RAMP de Thomas D.L. (1987).

² La norma sobre papel permanente ASTM D 3290 fue preparada por el Subcomité D 06.20 (*Permanent Records Paper*) del Comité D-6 (*Paper and Paper Products*). La primera edición de ASTM D 3290 se publicó en 1974 (D 3290-74); la edición vigente (D 3290-86) se aprobó el 25 de Abril de 1986, y se publicó en Junio del mismo año, sustituyendo a una edición anterior de 1981 (D 3290-81).

intensidad de manipulación que se prevea para cada tipo de documento (Grado 1 para uso normal y Grado 2 para fuerte manipulación).

A) Definiciones principales:

- Papel *bond*: es un papel de escritura o impresión (buenas propiedades de impresión, escritura, borrado) tradicionalmente usado cuando se precisa una alta permanencia y durabilidad, aunque hoy en día también se emplea en casos en los que la permanencia no tiene mayor importancia.

- Papel *ledger*: Papel muy fuerte, de gran resistencia al desgarró, al empleo de agua, tinta y borradores, de aspecto liso y uniformidad superficial. Normalmente están encolados superficialmente y se destinan a la escritura con pluma y tinta. Como debe estar sometido a un fuerte uso ha de tener un alto grado de permanencia y durabilidad.

- Permanencia: es la capacidad de mantener las propiedades iniciales durante un largo espacio de tiempo; depende principalmente de la estabilidad química del papel. Se indica que la permanencia debe referirse al uso final, pues hay papeles que deben durar sólo 50 años, y otros tener una vida indefinida. En relación a esto se describen 3 niveles de permanencia:

- 1- Máxima: expectativas de supervivencia de varios cientos de años
- 2- Alta: expectativa de supervivencia de más de 100 años.
- 3- Media: expectativa de supervivencia de al menos 50 años.

- Durabilidad: Capacidad del papel para resistir los efectos del uso.

- Papel con reserva alcalina: Papel con contenido de carbonato cálcico; en este caso el papel es alcalino y contiene una reserva capaz de neutralizar los gases ácidos de la atmosfera

- Papel con encolado neutro: papel encolado con productos sintéticos y fabricado en medio neutro ($\text{pH} \geq 7$). En estos casos se puede adicionar carbonato cálcico de manera que se aumenta la permanencia futura.

B) Tipos de papel y características:

Los tres tipos de papel están clasificados según la acidez y el tipo de encolado (permanencia) y se encuentran subdivididos en dos grados en función de la resistencia a la manipulación (durabilidad).

- Tipo 1; Permanencia Máxima: Son papeles con reserva alcalina y pH comprendido entre 7.5 y 9.5, cuya expectativa de vida es de varios cientos de años. Dentro de este tipo de papel, al igual que en todos los demás, se diferencia el Grado 1 para uso normal y el Grado 2 para alta manipulación.
- Tipo 2; Permanencia Alta: Papel con encolado neutro y pH entre 6.5 y 8.5; la expectativa de vida de este papel es de más de cien años.
- Tipo 3; Permanencia Media: Papel con pH mínimo de 5.5. En este caso la expectativa de vida es de al menos 50 años.

Las exigencias que deben cumplir estos papeles, además de la referida acerca de la acidez (determinada por extracción en caliente según TAPPI T 435) son las siguientes:

- Fibras de pulpa de algodón, lino y/o pasta de madera blanqueada. No se admite pasta de madera sin blanquear ni pasta mecánica. (Determinación según TAPPI T 401).
- Resistencia al desgarrar en ambas direcciones de fibra (TAPPI T 414), con niveles especificados mediante tabla, en función del gramaje. No se contempla como prueba necesaria la resistencia al plegado (TAPPI T 511) pues se plantean dudas sobre su eficacia como medida de la

durabilidad, aún así podría tenerse en cuenta si las partes lo requieren.

- Reflectancia direccional: La brillantez no debe ser menor del 75% después de excluir los componentes fluorescentes; en algunos casos los componentes fluorescentes no deben exceder del 2% - TAPPI T 452.
- Opacidad (TAPPI T 425) según tabla en función del gramaje.
- Gramaje (TAPPI T 410) y espesor (TAPPI T 411) con una variación máxima en distintas zonas del papel del 5%.
- Dimensiones: Con un error menor a 1.6 mm.
- Requerimientos adicionales como el grano, encolado interno o superficial, capacidad de ser impreso y de ser borrado, dependen de las especificaciones de comprador y vendedor.

La misma norma indica cómo debe realizarse el test de fluorescencia y el método para hallar cuantitativa y cualitativamente la reserva alcalina o contenido de carbonato del papel.

Según información de su Apéndice, la esperanza de vida de los diferentes tipos de papel ha sido establecida mediante estudios previos de envejecimiento natural y acelerado, mediante los que se ha demostrado que la expectativa de vida de un papel está en función de su pH. De estos estudios podemos destacar los siguientes datos:

- Aunque siempre se haya considerado que los papeles de lino y algodón son mas durables que los de pulpa de madera, esta generalización no debe ser tomada al pie de la letra, pues ambos tipos de papel pueden tener diferentes tipos de durabilidad.

- Los papeles hechos a mano con reserva alcalina pueden sobrevivir al menos 400 años.
- Los papeles fabricados a máquina con reserva alcalina, pueden permanecer sin variación al menos 100 años.
- Aunque muchos papeles ácidos hayan sobrevivido largos años, se encuentran en malas condiciones debido a la acidez.
- Para alcanzar un mínimo de 50 años en buenas condiciones el papel debe tener al menos un pH de 5.5.
- Estudios de envejecimiento natural han demostrado que papeles con un pH cercano a 4 ha sobrevivido al menos 60 años.
- Para una información mayor sobre la permanencia de un papel debería recurrirse a estudios de envejecimiento acelerado.

ASTM también ha elaborado una propuesta para **papeles de uso artístico** (ASTM Z08162: *"Proposed Standard Specification for Performance of Artist Papers"*) que hasta el momento no se ha hecho pública; la fecha de la segunda revisión es de Febrero de 1989.

En la propuesta ASTM Z08162, para papeles artísticos estucados y sin estucar, se establecen los mismos tres tipos de papel en función del pH que en ASTM Z39.48 (-Tipo 1: pH = 7.5 a 9.5, -Tipo 2: pH > 6.5, -Tipo 3: pH mínimo de 5.5), añadiendo exigencias respecto a la retención de resistencia al desgarro tras pruebas de envejecimiento artificial (retención del 80% de las propiedades para los papeles del Tipo 1; y del 60% para el tipo 2) y de pérdida de blancura (pérdida menor a 2 puntos para el Tipo 1; entre 2 y 5 para el tipo

2; más de 5 para el tipo 3). No hay exigencias respecto a la reserva alcalina, pero las fibras deben ser exclusivamente de algodón, lino o trapo.

Esta propuesta es muy importante ya que es el **primer intento para normalizar la permanencia de papeles de uso artístico.**

Actualmente el Comité D-6 (papel y productos de papel) de ASTM, a través del *Institute for Standards Research (ISR)* está realizando una investigación para adecuar las normas relativas a la permanencia del papel (*"Research project to study the effects of aging on printing & writing papers"*) (ISO, 1994b)¹.

La propuesta de ASTM es realizar una investigación sobre los cambios químicos, físicos y ópticos que se producen durante el envejecimiento del papel, estudiando el envejecimiento natural y artificial ante factores como la temperatura/humedad, la iluminación natural a través del cristal, y la contaminación atmosférica, para proponer métodos de envejecimiento acelerado altamente relacionados con el envejecimiento natural, mediante los cuales se pueda predecir razonablemente la esperanza de vida de los papeles. Si se logra conseguir este objetivo, las normas actuales sobre permanencia del papel deberían replantearse, sustituyendo las exigencias sobre composición del

¹ El punto de partida fue el 21 de Julio de 1993, cuando se remitió una carta a varias personalidades con la propuestas de este programa de investigación. ASTM entiende que es necesario replantearse las normas actuales sobre papel permanente al haber evolucionado la tecnología papelería, superando las tradicionales causas de alteración, a la vez que se han producido cambios en los conocimientos sobre el deterioro (por ejemplo, el papel de la lignina en el envejecimiento). Además quedan muchos temas por investigar, que deberían ser tenidos en cuenta, como es el caso de la influencia de la polución ambiental, sobre la cual ni siquiera existen normas para su estudio.

papel por requerimientos funcionales y de los usuarios finales, basadas en los estudios de envejecimiento artificial.

El grupo de trabajo encargado de esta investigación se ha reunido en Filadelfia en Julio de 1994 y se espera que las conclusiones de estas investigaciones no superen el año 1996.

ASTM (Comité D 6.20) también ha estado elaborando una guía sobre papeles estucados y sin estucar (*"Standard Guide for the Selection of Permanent and Durable Offset and Book Papers"*) que incluye tablas de tests de envejecimiento sobre papeles actuales (Abbey Newsletter, 1993, V.17.5, 32).

2.2.1.2. *The American National Standards Institute (ANSI) y National Information Standards Organization (NISO):*

ANSI/NISO Z39.48 (Versiones 1984 y 1992)¹

A diferencia de la Asociación ASTM, ANSI y NISO son organizaciones oficiales de normalización y certificación; a este respecto, se considera que la primera norma con rango nacional estadounidense relativa a papel permanente, ha sido la norma ANSI Z 39.48, cuya primera edición fue adoptada en 1984.

¹ Aunque las normas de NISO se clasifiquen como ANSI/NISO, en el caso de las referidas a papel permanente la intervención de ANSI es muy pequeña; respecto a las normas referidas al papel, la elaboración corre a cargo del Comité Z39 de NISO, y su distribución se hace no por medio de ANSI, sino de "Transaction Publisher", Dpt. NISO Standards, Rutgers University.

Su importancia es primordial ya que ha sido el punto de referencia para la elaboración de la normativa internacional sobre papel permanente (ISO 9706) y de muchas normas nacionales (Prass y Marmonier, 1990). A falta de la norma ISO, ha sido la más utilizada en el mundo (Colom y García, 1994).

La última versión (ANSI /NISO Z 39.48-1992) es considerada la norma sobre papel permanente de más amplio ámbito de aplicación, pues está referida a todo tipo de documentación de archivos y bibliotecas, incluyendo las obras de carácter artístico¹.

Para la preparación de la primera versión de esta norma (ANSI Z39.48 1984) se tuvieron en cuenta resultados de laboratorio, estudios sobre envejecimiento natural y varias especificaciones relativas a papel permanente, que habían sido emitidas por diversos organismos estadounidenses². Tras estos estudios se concluyó que el principal indicador de la permanencia de un papel era su grado de acidez, y que convenía prescindir de las pruebas de envejecimiento artificial por cuestiones técnicas.

¹ La Norma ANSI Z 39.48 se definió en sus inicios como Z 39.48-1984 - "*Permanence of paper for printed Library Material*"; había sido preparada por el *American National Standards Committee on Library and Information Sciences and Related Publishing Practices*, a partir de un Subcomité organizado en Noviembre de 1981 para su estudio (Subcomité S de ANSI: "*Committee on Library and Information Sciences and Related Publishing Practices Z 39*"). El grupo encargado de la elaboración de la norma pasó a convertirse en un Comité de NISO (Comité Z 39), que es el que sigue actuando bajo la dependencia de ANSI y con la colaboración del *Council of National Library and Information Associations*.

² Según se indica en la introducción de la norma ANSI Z39.48-1984, en su elaboración influyeron principalmente la guía de 1982 del *Committee on Production Guidelines for Book Longevity*, basada en la norma ASTM D 3290-81, las especificaciones del *Barrow Research Laboratory*, las indicaciones de la *Library of Congress* y las normas para la permanencia de archivos de la *National Historical Publications and Records Commission*.

Finalmente fue aprobada el 27 de Agosto de 1984, quedando su ámbito de acción reducido a los papeles sin revestimiento, destinados a todo tipo de publicaciones, especialmente de uso escolar, universitario y colecciones científicas y de bibliotecas.

Los requisitos para considerar que un papel pudiera durar varios cientos de años, sin deterioro significativo de sus propiedades en condiciones normales de almacenamiento, eran los siguientes:

- pH mínimo de 7.5 obtenido mediante extracción en frío (TAPPI T509).
- Reserva alcalina con mínimo del 2% equivalente en carbonato cálcico (TAPPI UM531 para test cualitativo o ASTM D 3290-81 para test cuantitativo).
- Papel sin pasta mecánica ni pasta sin blanquear (ANSI/TAPPI T401).
- Resistencia al plegado según TAPPI T511, con un mínimo de 30 dobles pliegues en sentido contrario a la fibra con 1 Kg. de tensión.
- Resistencia al desgarrar con el método Elemendorf (ANSI/TAPPI T414) en dirección de la máquina, según tabla en función del gramaje del papel¹.

¹ Se indica que aunque plegado y desgarrar no están relacionados con la permanencia del papel, es necesario que se cumplan unos valores mínimos para garantizar una durabilidad razonable.

Esta norma era considerada incompleta respecto a su ámbito de acción, por lo que en Diciembre de 1986 se estableció un Comité de NISO para estudiar la manera de hacerla también aplicable a los papeles con recubrimiento. La revisión definitiva se realizó en Febrero de 1990 y la norma modificada, vigente en la actualidad, recibió el nombre de ANSI/NISO Z 39.48-1992 - *"Permanence of paper for publications and documents in libraries and archives"*

ANSI/NISO Z39.48-1992 *"Permanence of Paper for Publications and Documents in Libraries and Archives"*

La norma ANSI/NISO Z 39.48-1992 está referida a todo tipo de documentación propia de archivos y bibliotecas, incluyendo obras de caracter artístico. Con ella se pretende la identificación de aquellos papeles que, en condiciones normales de almacenamiento y uso, pueden tener una vida de varios cientos de años.

ANSI/NISO Z39.48-1992 es una revisión de la *American National Standard for Permanence of Paper for Printed Library Materials Z39.48-1984*. De esta revisión se encargó el *Standards Committee II (SCII)* de NISO, que se estableció en Diciembre de 1986 para estudiar la norma y ampliarla incluyendo los papeles con recubrimiento.

En 1988 se ampliaron las atribuciones del SCII y se decidió revisar también las especificaciones referidas a papeles sin recubrimiento, para adaptarlas a los avances acaecidos en la década e incluir las opiniones de fabricantes de papel, impresores, editores y conservadores¹.

Entre los avances que se tuvieron en cuenta figuraba la aparición de las pastas quimicotermomecánicas; éstas, sin ser estrictamente mecánicas, al ser de alto rendimiento, pueden contener cantidades elevadas de lignina, y este hecho, junto con la constatación de que niveles de lignina inferiores a 7.5% en papeles con reserva alcalina no eran perjudiciales², hizo que se sustituyera la prohibición del uso de pastas mecánicas por la de unos valores máximos de lignina. Para medir el porcentaje de lignina se efectuaron también estudios sobre el test de índice Kappa para adecuarlo a la medición de papeles en vez de a las pastas.

Finalmente, las investigaciones indicaron que aunque la norma daba una información fiable sobre la permanencia del papel, quedaban puntos sin resolver que en su día deberán ser tenidos en cuenta para una próxima revisión; es el caso de papeles con un contenido en lignina inaceptable según la norma, pero que muestran un grado de permanencia mayor del esperado³.

La misma norma indica que en la pervivencia de un documento no sólo debe tenerse en cuenta su soporte o papel, influyen otras condiciones que deberán esperar a ser estudiadas en un futuro, como pueden ser las tintas, la encuadernación y principalmente el medio ambiente.

¹ NISO trabajó en colaboración con el *Institute of Paper Science and Technology*, que fue encargado de realizar diferentes análisis y pruebas en papeles con y sin recubrimiento, con distintos valores de lignina y reserva alcalina.

² Colom y García, 1994, 258.

³ Según *Abbey Newsl.* (1993, V. 17-5, p. 32) el dato no es especialmente indicativo, ya que igual ocurre con algunos papeles que no cumplen otros de los requisitos (pH, resistencia al desgarro, reserva alcalina) y puede darse el caso contrario en algunos papeles acordes a la norma. Esto es debido a la complejidad del papel como materia y a que la norma no puede abarcar todos los factores que influyen en su pervivencia.

Respecto al empleo del envejecimiento artificial como predictor del grado de permanencia, se decidía declinar su empleo, ya que se había comprobado que con los tests propuestos en la norma se pueden predecir de forma aceptable las propiedades de un papel después de ser envejecido.

A diferencia de la norma ASTM, no quedan incluidos parámetros que no influyan en la permanencia aunque sí lo hagan en el aspecto final del papel (brillantez, opacidad).

B) Ambito:

El objetivo de esta norma es la identificación de los papeles con y sin recubrimiento (recordemos que ANSI Z39.48 sólo se refería a papeles sin recubrimiento) que pueden alcanzar una longevidad suficiente para permanecer durante cientos de años en un archivo o biblioteca en condiciones normales de uso y almacenamiento, sin deterioro significativo de sus propiedades.

El campo de esta norma es mucho más amplio que el de cualquiera de las publicadas, se refiere a toda documentación propia de archivo y biblioteca, incluyendo originales y reproducciones artísticas. Para nosotros su importancia radica en que **es la primera de todas las normas sobre papel permanente que se refiere específicamente a obras de arte.**

B) Definiciones:

- Permanencia: Capacidad del papel de mantenerse sin deterioro significativo durante algunos cientos de años en las condiciones normales de uso de archivos y bibliotecas. En este caso, parece quedar claro que no contempla la exposición de las obras de arte, sino sólo su almacenamiento (la exposición sería condición normal de uso de un museo).

- Papel sin recubrimiento: Papel con un máximo recubrimiento superficial en cada una de sus caras equivalente a menos de 3.75 g/m^2 en el caso de un gramaje menor a $75 \text{ ó } 6 \text{ g/m}^2$ para gramajes iguales o mayores.

- Papel estucado: Papel con un recubrimiento superficial máximo en cada una de sus caras equivalente a $3.75 \text{ g/m}^2 \text{ ó } 6 \text{ g/m}^2$ como mínimo según el gramaje del papel sea, respectivamente, menor de 75, o igual o mayor.

- Reserva alcalina: Componente capaz de neutralizar los ácidos generados por el envejecimiento natural o por la polución.

C) Requisitos de permanencia:

- Grado de acidez para papeles sin recubrimiento comprendido dentro del rango pH 7.5-pH 10 según medida tomada de la zona interna del papel mediante un indicador de pH (por ejemplo rojo de clorofenol) o medida superficial según TAPPI T529 om-88. En el caso de papeles con recubrimiento los límites se sitúan entre 7.0 y 10.0, para su constatación puede bastar la certificación del fabricante, o aplicar las medidas de pH indicadas en el caso de papeles sin recubrimiento. A diferencia de la versión de 1984, que obtenía la medida del pH por extracción en frío, no se emplean métodos de extracción, por considerar que resultan engañosos en papeles encolados superficialmente o en papeles estucados.

- Reserva alcalina: Se requiere un mínimo de reserva alcalina equivalente a un 2% de carbonato cálcico, según ASTM D 4988-89.

- Composición del papel: con un contenido de lignina inferior al 1%, indicado al obtener un número Kappa máximo de 7, según TAPPI T236 cm-85. En la norma ANSI Z39.48-1984 se indicaba la no

inclusión de pasta mecánica ni química sin blanquear; esta medida resultaba más complicada al implicar un análisis de fibras, y además permitía la aceptación de papeles con pastas quimicotermomecánicas, que aunque no eran estrictamente "pasta mecánica" podían tener un elevado contenido de lignina.

- Resistencia al desgarro: se exige un índice de resistencia al desgarro en dirección a la máquina de un mínimo de $5.25 \text{ mNm}^2/\text{g}$ o de $3.50 \text{ mNm}^2/\text{g}$ según se refiera a papeles sin o con recubrimiento respectivamente (TAPPI T414 om-88). El test de plegado que aparecía en la norma ANSI Z39.48 ha sido eliminado.

Los papeles que cumplen con la norma ANSI/NISO Z39.48-1992 pueden llevar el símbolo matemático de infinito (∞) dentro de un círculo; esta marca, generalizada hoy en día como signo de papel permanente y adoptada por otras muchas normas, ha sido una contribución de NISO.

Existe la determinación por parte de ANSI/NISO de estudiar otros factores que influyen en la permanencia del documento, como pueden ser las tintas, encuadernación y medio ambiente. Respecto a este último punto, en la introducción a la norma ANSI Z39.48-1984, se anunciaba la creación del Subcomité R dentro del Comité Z39, encargado de elaborar una norma sobre condiciones ambientales de almacenamiento para materiales de papel.

2.2.1.3. La normativa gubernamental

"U.S. Government Paper Specification Standards"

En Estados Unidos de América el organismo encargado de realizar las indicaciones sobre temas relativos al papel que se emplea en los impresos del gobierno es el *Joint Committee on Printing (JCP)*. El JCP es un Comité del Congreso de los Estados Unidos de América y sus especificaciones se entienden como norma de uso interno.

Entre este tipo de norma, una de las más difundidas ha sido "Especificaciones que recomienda el Negociado Nacional de Normas para el papel de escribir de pureza máxima usado en documentos permanentes" (Minogue, s.a., 50):

- Papel libre de fibras de madera
- Alfacelulosa 90%
- Número de cobre máximo de 1.0
- Acidez máxima pH 5
- Máximo de 1.0% de resina
- Resistencia al envejecimiento durante 72 horas a 100°C:
- Disminución máxima de alfacelulosa de 1.5%
- Dimensión máxima de resistencia al plegado
- Aumento de número de cobre de 0.5%.
- También establece especificaciones sobre peso, resistencia al desgarrar, escritura y borrado, y encolado animal.

En Mayo de 1988 el JCP emitió la normativa JCP A270 "Uncoated Permanent Printing Paper", considerada como la primera norma moderna del Gobierno de Estados Unidos de América sobre papel permanente.

Según esta norma, las exigencias para considerar un papel como permanente son:

- pH mínimo de 7.5
- 2% de carbonato cálcico como reserva alcalina
- Brillantez del 80%
- Empleo de fibras que no sean de pasta mecánica o sin blanquear
- Resistencia al plegado de 30 (1 Kg) MIT y al desgarro de 40 g para papeles de gramaje mayor de 74.

No contempla el empleo de pruebas de envejecimiento acelerado.

En 1990 JCP y GPO (*General Printing Office*) desarrollaron un plan conjunto para aumentar el empleo del papel permanente y definir qué documentos debían efectuarse sobre este tipo de papel, las diferentes clases del mismo y los símbolos para su identificación.

Pero el mayor avance respecto al desarrollo de la normativa sobre permanencia en los Estados Unidos fue cuando el 12 de Octubre de 1990 el Presidente Bush firmó, dentro de la Ley Pública 101-423, la Resolución 57 en la que se establecía una **política nacional** sobre el tema del papel permanente (*Public Law 101-423, "Joint Resolution to Establish a National Policy on Permanent Papers"*). En la Ley se indicaba que las Agencias Federales debían emplear papel permanente en las publicaciones de importancia emitidas por el *Government Printing Office* o relativas a contratos federales.

Se contemplan dos niveles de permanencia: 1º) papeles permanentes sin ácido para publicaciones permanentes, con permanencia de varios cientos de años; 2º) papeles sin ácido con calidad de archivo, para documentos federales

de valor permanente. En este caso las exigencias son más altas que las de ANSI Z39.48-1992, pues además incluye retención del color y resistencia al desgarro y plegado.

A partir de esta Ley muchos Estados están mandando imprimir sus documentos de mayor importancia sobre papel permanente, aunque en algunos casos esta obligación ya existía desde hacía tiempo, como por ejemplo en el Estado de Arizona, donde desde Agosto de 1984 rige una norma de uso obligatorio para los documentos estatales¹ basada en ASTM 3209-81 .

Frente a la Ley Pública 101-423, el Presidente Clinton ha firmado, el 20 de Octubre de 1993, la "Executive Order 12873: Federal Acquisition, Recycling, and Waste Prevention" (Adquisiciones Federales, Reciclado y Previsión de Desechos), donde obliga al empleo del **papel reciclado** en las Agencias Ejecutivas del Gobierno Federal, incluida la *Government Printing Office*. Todos los papeles para escritura e impresión deberán contener un mínimo del 20% de material de postconsumo a partir del 31 de Diciembre de 1994 y del 30% desde el mismo día de 1998.

Esta norma resulta claramente negativa, al no contemplar el problema de la permanencia del papel, e incluso, en la Sección 505, habla de la revisión de normas que "...presenten una barrera a la compra de papeles o productos de papel obtenidos mediante procesos que minimicen la emisión de productos dañinos", y a estos efectos, indica, como algunos de los posibles requerimientos a revisar, aquellos que hacen referencia al contenido de lignina (Abbey, 1993

¹ *State of Arizona, State Records Management Manual, Record Management Records, Phoenix, 1984.*

V.17-8). Aparentemente esta Ley es un paso atrás respecto a todo lo que se había avanzado en E.E.U.U. en el asunto del papel permanente. Quizás hubiera sido mejor que se obligara la fabricación de papel permanente con medios ecológicos a que se sustituyera su uso por papel reciclado.

Además de la normativa gubernamental, hay otras instituciones que, preocupadas por el tema, han elaborado unas normas propias, como es el caso de los *National Archives and Records Administration* (Washington) y el *Council on Library Resources*.

En Estados Unidos de América, el impulso para el uso del papel permanente es muy importante, incluso los agentes de algunos escritores imponen que la primera tirada de sus obras sea impresa con este tipo de papel. En referencia a este tema, el *Council on Library Resources*, a través del *Committee on Production Guidelines for Book Longevity* dictó, en 1981, unas directrices para el papel que debía emplearse en los libros. Según estas especificaciones el papel de los libros debe tener un pH de 7.5, reserva alcalina de un mínimo del 2% y una determinada resistencia al desgarró y al plegado¹.

¹ *Council on Library Resources, Committee on Production. Guidelines for Book Longevity. Informe provisional en Restaurator 4, 239-247.*

2.2.2. La normativa en Canadá

Aunque en Canadá no existe una norma específica para papel permanente, de alguna manera el problema está previsto en la norma "CGSB-9-GP-41M 1979: Papel de Contabilidad"¹, cuyo ámbito se extiende a documentos permanentes, semipermanentes y de otros tipos, basándose en las exigencias relativas a la permanencia del papel.

Los requisitos referidos a la permanencia del papel son:

- Ausencia de pasta de madera mecánica y sin blanquear
- pH mínimo de 4.8
- Resistencia al desgarro y resistencia al plegado antes y después del envejecimiento acelerado durante 72 horas a 100°C
- También se contemplan el gramaje, espesor, curvatura, estado de la superficie, calidad para escribir y borrar, opacidad de la impresión y resistencia al aire, al agua y al arranque de fibras de la superficie.

¹ Canadian Government Publishing Centre. Supply and Services. Ottawa. Ontario. Canada. K1A S9.

2.3. LA NORMALIZACIÓN EN EUROPA: INDIVIDUALISMOS Y PROYECTOS EN COMUN

Pese a que el espíritu de la Unión Europea aboca a una normativa común (Comité Europeo de Normalización), el análisis de la trayectoria de los distintos países europeos arroja, a nuestro juicio, un cumplido balance sobre lo recorrido y cuanto queda por recorrer.

2.3.1. El Comité Europeo de Normalización (CEN)

La institución responsable de la normalización a nivel europeo es el Comité Europeo de Normalización (C.E.N.). El CEN es una asociación formada por todos los organismos nacionales de normalización de los países miembros de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Cambio. Fue fundada en 1961 en París, y en Julio de 1975 trasladó su Secretaría a Bruselas, constituyéndose como asociación técnica y científica internacional. Los países a los que afecta, y que tienen obligación de aceptar sus normas, son: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Finlandia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

Aunque en la actualidad no existe ninguna norma CEN relativa a la permanencia del papel, esto no quiere decir que el Comité no se haya preocupado por el asunto. De hecho, el Comité Europeo de Normalización

tiene un grupo de trabajo dentro del Comité Técnico encargado de la normalización de los asuntos relativos a papel, cartón y pulpa (CEN/TC 172: Materiales no metálicos) cuya misión es estudiar los temas relacionados con la permanencia del papel y la necesidad de establecer distintas categorías al respecto. Este Grupo de Trabajo se creó en el encuentro de Munich celebrado en Abril de 1990, con el objetivo de establecer una norma europea sobre los requisitos que debe reunir un papel para ser considerado permanente.

Distintos países miembros han estado aportando como sugerencia sus propias normas nacionales; tal es el caso de Alemania, quien en el encuentro de Londres, en Noviembre de 1990, propuso su norma sobre "*Lifespan Class*", sin embargo, para conseguir un mayor consenso, incluso a nivel internacional, el C.E.N. ha decidido detener sus trabajos y esperar las resoluciones de la organización internacional ISO.

Es muy probable que, dados los avances de la Organización Internacional de Normalización (ISO) en la elaboración de una norma internacional sobre papel permanente (ISO 9706), el Comité Europeo decida someter a voto formal dicha norma y adoptarla como suya (C.N.C., 1992, 104). Esta sería la mejor solución para la unificación de criterios a nivel internacional. Está claro que cuanto mayor sea el acuerdo sobre lo que se entiende por un papel permanente, más fácil será su difusión, por lo que, paradójicamente, también sería necesario frenar la aparición de normas nacionales, que pueden ser diferentes entre sí¹.

¹ En las recomendaciones emitidas por el *Expert meeting on conservation of acid material and the use of permanent paper*, celebrado en Diciembre de 1991 en La Haya (Véase C.N.C.), se hace un (continúa...)

Pese a todo, algunos países europeos cuentan con normas propias o con proyectos de norma sobre papel permanente; unos, como Alemania, porque quisieron adelantarse a la creación de la norma CEN con una propuesta propia, otros, como Italia, porque participaron muy activamente en la elaboración de la norma ISO, y se han anticipado con la proposición de una norma más específica, que a su vez supone una segunda fase de la norma internacional, y por último otros, como Suecia, Países Bajos y Finlandia, que por su tradición papelera tenían, desde tiempos atrás, reglas relativas al tema y que, en colaboración con ISO y CEN, han elaborado normas propias, más restrictivas, aunque quizás más cercanas al actual proyecto de ISO, en el que también ha sido muy importante su aportación.

2.3.2. Alemania

Prusia fue el primer país que creó, entre 1883-85, un organismo de control (*Preuss is chess Material Prüfamt*) que fue el que elaboró las normas que originaron la normativa DIN (Kraemer, 1979, 857).

¹(...continuación)

llamamiento, en el punto 3, para que el Comité Europeo de Normalización establezca una norma relativa al papel permanente acorde con la norma de la Organización Internacional de Normalización, a la vez que en el punto 4 pide a los organismos responsables de la normalización de cada país europeo que eviten promulgar normas relativas a la permanencia del papel para no diferir con el proyecto de norma ISO. La existencia de normas diferentes en cada país entorpecería gravemente los avances que hasta ahora se han hecho, y lo ideal, desde todos los puntos de vista, sería la adopción de criterios comunes a nivel internacional, sobre todo cuando éstos ya existen en forma de la mencionada norma ISO 9706.

Respecto a la normalización del papel permanente, Alemania inició sus pasos con las especificaciones del *Bundesanstalt für Material Prüfung (B.A.M.)*¹ sobre documentos permanentes y sus copias, basada en la norma estadounidense ASTM 3458-75. Pero su gran aportación al tema ha sido la norma DIN 6738, muy diferente en concepción frente a todas las normas de permanencia de los demás países, pues se basa en la cuantificación de la duración de vida del papel partiendo exclusivamente de la resistencia mecánica del papel después de su envejecimiento acelerado.

DIN² 6738: "Papier und Karton.; Lebensdauer-Klassen/ Paper and board; Lifespan Classes"³.

La norma DIN 6738 pretende clasificar en cuatro grados la duración de vida de un papel o cartón, según la previsión de su comportamiento en el caso de almacenamiento en habitaciones no climatizadas. Para determinar estas previsiones, se estudia la pérdida de resistencia mecánica del papel después del envejecimiento acelerado artificial.

¹ BAM, *Herstellung von Urschriften notarieller Urkunden gemäss 26 Abs. 3 Satz 2 an Dienstordnung für Notare und Herstellung von Ausfertigungen und beglaubigten Abschriften*. BAM, Berlín. Alemania.

² *Deutsche Institut für Normung*.

³ La Norma DIN 6738 fue elaborada por el Comité de trabajo NPa-AA 21 "Papeles resistentes al envejecimiento" de la Comisión de normas de papeles y cartulinas (NPa); el borrador fue adelantado en Noviembre de 1990 en la reunión del Grupo de trabajo del CEN encargado de estudiar el tema del papel permanente como propuesta para elaborar a partir de ella una norma europea, finalmente se hizo pública en Abril de 1992, quedando su ámbito de actuación restringido a Alemania.

A) Ambito:

La norma es válida para papeles y cartones, coloreados y sin colorear, con un gramaje de 40 a 400¹ y está indicada para papeles de imprenta, escritura, oficina y dibujo.

B) Principios:

Se basa en el calculo matemático de la duración de vida de un papel (Factor de duración de vida: f_L), computado a partir de su grado de resistencia física inicial (Propiedades anteriores al envejecimiento: AE) y de la resistencia obtenida tras el envejecimiento acelerado (propiedades restantes: RE), siempre y cuando ésta se encuentre dentro de unos límites mínimos (exigencias mínimas: MA).

La formula para el cálculo de las "clases de duración de vida" (*Lebensdauer-Klassen: LDK*) es:

$$f_L = \frac{(RE - MA)}{(AE - MA)}$$

El factor de duración de vida (f_L) sirve para expresar 4 clases de duración de vida (LDK) al combinarse con el tiempo de envejecimiento requerido (6, 12 ó 24 días) para obtener 4 niveles mínimos de duración de vida. LDK se expresa mediante dos números, el primero referido al tiempo de envejecimiento (6, 12

¹ Se preve la ampliación de esta norma para dar cabida a papeles con mayor y menor gramaje del indicado.

y 24) y el segundo al factor de duración de vida obtenido tras él (f_L : 85, 80, 70 y 40). Así tendríamos papeles con LDK 24-85, 12-80, 6-70 y 6-40.

C) Exigencias:

Las exigencias mínimas (MA), se refieren a las características que debe tener un papel envejecido para que pueda seguir siendo manipulado:

- Resistencia a la tracción en el sentido contrario a la máquina: Mínimo 5N, según DIN 53112.
- Alargamiento a la rotura en el sentido de la máquina: Mínimo 5%, según DIN 53112.
- Resistencia al desgarro en el sentido de la máquina: Mínimo 50 mN, según DIN 53128.

D) Métodos de evaluación:

El envejecimiento acelerado se realiza manteniendo el papel a 80°C y 65% HR durante 6, 12 ó 24 días (ISO 5630-3:1986), de manera que las propiedades del papel tras el envejecimiento (RE) sean como mínimo

$$MA + f_L (AE - MA)$$

E) Características del papel:

Las características de los papeles según su clase de duración de vida (LDK) serían las siguientes:

1- **Papeles con LDK 24-85:** Los papeles que obtuvieron como mínimo un f_L de 0.85 tras 24 días de envejecimiento artificial son los que tienen máxima duración de vida, por lo que podrían considerarse resistentes al envejecimiento y con "calidad de archivo". Según las investigaciones realizadas¹, para que un papel alcance este tipo de duración de vida debe ser un papel no teñido, con pH entre 7.5 y 9.5 (según DIN 53124), fabricado con celulosa o pasta de trapo blanqueada y con un contenido mínimo de carbonato cálcico del 2%.

2- **Papeles con LDK 12-80:** Los papeles con f_L mínimo de 0.80 tras 12 días de envejecimiento tienen una esperanza de varios cientos de años.

3- **Papeles con LDK 6-70:** Los papeles que sólo resistieron 6 días de envejecimiento, pero obtuvieron un f_L mínimo de 0.70 se espera que pervivan al menos 100 años.

4- **Papeles con LDK 6-40:** Aquellos que tras 6 días de envejecimiento lograron un f_L de al menos 0.40, se mantendrán durante 50 años como mínimo.

F) Certificación:

El papel que según esta norma cumpla unos determinados requisitos de permanencia se puede marcar con su clase de duración de vida y la especificación de la norma, junto con el símbolo del fabricante; por ejemplo DIN 6738-LDK 24-85.

¹ DIN 6738, Nota 1.

G) Crítica:

Esta norma, a diferencia de todas las demás, tiene el atractivo de "cuantificar" la esperanza de vida del papel, pero basándose exclusivamente en la resistencia física tras el envejecimiento acelerado en húmedo. Esto se justifica aduciendo que en la actualidad no se puede predecir el comportamiento de un papel basándose exclusivamente en su composición química. Pero aunque esto no deja de ser cierto también es verdad que el envejecimiento acelerado, aún realizado teniendo en cuenta la humedad, supone una gran simplificación del proceso de envejecimiento natural, en el que, por ejemplo, también influyen otros factores muy importantes, como el deterioro químico causado por la contaminación y por la luz.

Esta concepción ha hecho que la norma DIN 6738 reciba numerosas críticas. Según Zappala (1991b, 143) con esta norma podrían considerarse adecuados papeles con un bajo pH y alto contenido en lignina, en los cuales está claramente demostrada su escasa resistencia ante el envejecimiento natural. En su intervención en el encuentro de expertos sobre papel ácido organizado por la Comisión de las Comunidades Europeas¹, el representante alemán, Dr. Hartmut Weber, también indicaba cómo, según esta norma, al estar basada exclusivamente en la resistencia mecánica, podían considerarse permanentes papeles con elevada acidez y fabricados con un alto grado de pasta mecánica. A su vez, indicaba cómo bibliotecarios, archiveros y algunas ramas industriales están en desacuerdo con ella, y él mismo opinaba que la

¹ *Expert meeting on conservation of acid paper material and the use of permanent paper.* Diciembre 1991. La Haya.

elaboración de normas nacionales que difieran de la internacional no tiene ningún sentido (C.N.C., 1992, 38).

Es posible que la gran importancia de los aspectos medio-ambientales junto con los intereses de la importante industria del papel reciclado hayan influido en la elaboración de esta norma; de hecho, Colom y García (1994, 267) indican, en un estudio sobre los papeles reciclados y su permanencia, cómo la norma alemana podría aplicarse en el caso de los papeles reciclados, sobre todo en el punto correspondiente a una duración de vida mínima de 50 años (DIN LDK 6.40).

En defensa de los conceptos que dieron lugar a la redacción de DIN 6738, han de recordarse las últimas investigaciones promovidas por ASTM a través del *Institute for Standards Research* para adecuar las normas relativas a la permanencia del papel ("*Research project to study the effects of aging on printing & writing papers*" comentado en ISO 1994b N80). La adecuación se basa precisamente en la predicción a partir del envejecimiento acelerado, pero no sólo mediante calor y humedad, sino teniendo también en cuenta iluminación y contaminación atmosférica y abordando, además de las propiedades mecánicas del papel, los cambios químicos y ópticos.

Quizás sea cierto que para poder anteponerse a los avances de la industria papelera, cuyo devenir nos puede traer innovaciones tanto beneficiosas como perjudiciales, no contempladas de antemano, la única manera posible de predecir la permanencia sea mediante las técnicas de envejecimiento artificial que, eso sí, todavía necesitan perfeccionarse.

2.3.3. Austria

ÖNORM¹ A 119 - 1987 "Resistencia al envejecimiento del papel y cartón no estucado"

La norma austriaca, de 1987, es muy similar a la norma ANSI Z 39.48-1984, su ámbito de acción queda referido a papeles no estucados y las exigencias para considerar un papel como resistente son:

- Contenido del 100% de celulosa blanqueada sin fibras secundarias -
- pH entre 7.5 y 9.5
- Reserva alcalina mínima del 2% de carbonato cálcico
- Una determinada resistencia al doble pliegue en sentido transversal, y al desgarro según el método Elmendorf.

2.3.4. Francia

La preocupación de Francia por el tema de la permanencia del papel es evidente; en 1989 el *Centre National des Lettres* inició un estudio sobre las posibilidades del uso del papel permanente en Francia y su impacto², a la vez que pretendía sensibilizar a editores y papeleros. Asimismo el gobierno francés está estimando la obligación del empleo de papel libre de ácido en el caso de documentos de importancia especial.

¹ *Oesterreichisches Normungsinstitut.*

² Publicado en "*Du papier pour l'éternité....*" Prass y Marmonier, 1990.

Por su parte, la *Association Française de Normalisation (AFNOR)* participa en los trabajos de ISO y CEN sobre papel permanente, asumiendo las decisiones del grupo de trabajo ISO para la elaboración de una normativa internacional.

A este respecto, desde Agosto de 1993, existe una norma experimental de AFNOR (NF Q 15-013) equivalente a ISO/DIS 9706-1992. Los papeles que cumplan sus requisitos pueden llevar el simbolo ISO de papel permanente.

2.3.5. Italia

El Decreto Ministerial 2/8/1983

La norma italiana vigente, que indirectamente podría aplicarse a la permanencia del papel, es el Decreto Ministerial del 2 de agosto de 1983 "Normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela", dictado por el *Ministerio per i Beni Culturali e Ambientali*¹.

Este Decreto fue elaborado por el *Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, al cual le había sido encargado preparar una normativa sobre las características de los cartones para conservación y restauración (artículo 16 del Decreto del Presidente de la República de 3/12/75, n. 805). Esta normativa,

¹ *Ministerio per i Beni Culturali e Ambientali. Decreti Ministeriali 2/8/1983. Approvazione della normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela (Ley italiana de 1983 - Decreto ministerial del 2 de Agosto). Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana n° 257 (17/9/83), 7593-7598 "Normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela".*

de carácter obligatorio en el ámbito de los museos, se publicó en la *Gazetta Ufficiale Della Repubblica Italiana*, el 19 de Septiembre de 1983 (n. 257, 7593-7598), por lo que es considerada una de la primeras iniciativas gubernamentales al respecto.

A) Exigencias:

Las que establece como necesarias para considerar un papel o cartón adecuado para la conservación o restauración son las siguientes¹:

- Migración del colorante con absorción máxima del 5% en medio ácido y alcalino
- pH por extracción en frío mayor al pH del agua destilada y menor que una solución saturada de carbonato cálcico
- Reserva alcalina mayor del 1.5%
- Menos de 2% de cenizas incombustibles a 525°C, además del porcentaje de reserva alcalina
- Fibra de celulosa de algodón, exenta de lignina y celulosa de pasta química, sea de conífera o latifolia, determinada según examen microscópico
- Resistencia al amarilleamiento con pérdida inferior al 40% según índice de reflectancia al azul tras envejecimiento artificial durante 9 días en estufa seca a 105°C
- Grado de polimerización mayor de 900 con disminución menor del

¹ En la misma norma también se indican y describen todos los métodos necesarios (análisis físicos y químicos) para determinar el cumplimiento de sus exigencias.

50% tras envejecimiento artificial, según condiciones anteriormente indicadas

- Contenido con límites máximos o mínimos de carbonato, sílice, dióxido de titanio, alumbre, calcio, magnesio y bario y ausencia de sulfato, cobre, óxido de hierro y de cromo según análisis cualitativo de cenizas
- Contenido mínimo de calcio y magnesio según determinación química
- Contenido máximo de hierro y aluminio según determinación química.

Los papeles que cumplan con todos los requisitos, para poder ser empleados en el ámbito de la conservación y restauración, deberán llevar una **filigrana** con la indicación "*durevole per la conservazione*".

Aunque en esta normativa nunca se menciona el término "papel permanente", ni se refiere directamente al soporte con el que se elaboran documentos u obras de arte, al indicar lo que entiende como materiales adecuados para su conservación, está marcando unas directrices y métodos de análisis para probar la bondad de un papel o cartón. Es una norma pionera en el campo de la restauración y conservación, sobre todo si tenemos en cuenta que se trata de un Decreto Ministerial.

La propuesta de UNI: "Italian proposal to ISO/TC 46/SC 10/wg 1. Paper for the longest-life documents, records and publications. Specifications for permanence and durability". 10/5/91.

La aportación más reciente, aunque no menos importante, a la normalización sobre papel permanente por parte de Italia, ha sido la realizada por el *Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)*.

El *Istituto Nazionale per la Grafica* y UNI han estado colaborando con ISO para la elaboración de la norma ISO 9706 y también con el *European Committee for Standardization (CEN)*.

El grupo de trabajo ISO para papel permanente preve dos diferentes normas de calidad de papel según sea papel para documentos (para cantidades amplias de papel manteniendo costes razonables: ISO/DIS 9706) y papel para archivo (para libros y documentos de importancia esencial); en este último aspecto Italia ha jugado un papel muy importante pues, en Septiembre de 1990, el grupo de trabajo italiano aprobó los requisitos necesarios para papeles de muy alta calidad, y en Mayo de 1991, elaboró un borrador que envió a ISO para que fuera discutido a nivel internacional, con la idea de que se convirtiera en norma de ámbito italiano en el caso de que no se desarrollara una normativa respecto al papel permanente por parte del CEN.

El borrador de la norma UNI, está pensado para libros y documentos de gran importancia y productos de papel empleados en preservación y restauración, pero no para la elaboración de obras artísticas. La página 1 indica expresamente que están excluidos de su ámbito grabados y dibujos, por

considerarlos entre otro tipo de documentación de "fundamental importancia histórica". Se basa en las siguientes características:

- Todos los requerimientos de ISO/DIS 9706 (resistencia al desgarro mínima de 350 mN, reserva alcalina mínima de 0.4 mol/K, pH entre 7.5 y 10 y resistencia a la oxidación, pero con n° Kappa menor de 3 en vez de 5).

- Fibras exclusivamente de algodón y/o linters, cañamo, lino, ramio u otras fibras vegetales que muestren idéntico comportamiento a éstas, en lo referido a las características de la norma y a la absorción de contaminantes atmosféricos.

- Grado de polimerización de la celulosa según ISO 5351/1 mínimo de 1000.

- Contenido máximo de hierro (menor de 100 ppm según ISO 779), cobre (menor de 20 ppm según ISO 778) y aluminio (menor de 0.4g/k según documento ISO/TC 6/WG 4 N 10).

- Resistencia al plegado, según ISO 5626, en cualquier dirección de fibras, de 2.18 para papeles de gramaje 80 g/m², 2.40 para gramajes entre 81 y 95 y 2.54 para gramajes entre 96 y 120. Para gramajes mayores se determinará según el uso del papel.

- Retención de resistencia tras VAH, según ISO 5630/3 (80°C/65% H.R.), durante 24 días; límites sin determinar.

- Límite de decoloración del papel tras VAH sin radiación (sin determinar límites ni tipo de medida).

Aunque aún no se ha dictado una norma ISO relativa al tema, hay que recordar, como ya se indicaba anteriormente, que existe otra propuesta de norma para papel de archivo bastante menos restrictiva que la italiana (ISO/CD 11108).

2.3.6. Países Bajos

Un antecedente sobre la preocupación en los Países Bajos de la calidad del papel y su normalización fue el llamado "*Papierbesluit*", de 1922. El "*Papierbesluit*" era una serie de normas para la regulación de la fabricación del papel donde se especificaban pruebas para ensayo de materiales. Fue retirada en 1977, pero desde 1993 existe en Holanda una norma relativa a la permanencia del papel, denominada NEN 2728.

NEN 2728¹: "*Permanent houdbaar papier. Esen en Beproevingen methoden*" (Papel permanente-Requerimientos y métodos de ensayo). Enero de 1993.

En 1985 el Instituto de Normalización de los Países Bajos (N.N.I.) formó un grupo de trabajo sobre "documentos permanentes" para la elaboración de una norma holandesa sobre papel permanente, basándose en las normas de ASTM y en las reglamentaciones escandinavas sobre documentos permanentes. Se decidió tener muy en cuenta las normas existentes en otros países y la

¹ *Nederlands Normalisatie Instituut.*

opinión de los consumidores y productores de papel, con la idea de que con ella quedara cubierta una gran parte del mercado de los Países Bajos¹.

Por otro lado, en 1987, el *Central Research Laboratory for Objects of Art and Science*, realizó una Proposición destinada al Gobierno para que efectuara todas las publicaciones oficiales en papel permanente (Prass y Marmonier, 1990). El proyecto de 1987 para publicaciones oficiales del Gobierno en papel permanente ha sido una normativa que se ha estado reajustando en función de las normas surgidas en otros países.

El proyecto para papel permanente que se propuso al Gobierno en 1987 (Hofenk de Graaff, 1987; Prass y Marmonier, 1990) fue el siguiente:

- Composición a partir de pasta de algodón, lino o pasta química blanqueada (ASTM D 1030)
- Reserva alcalina mínima de 2% de Carbonato Cálcico o Magnésico (ASTM D 3458/13,4)
- pH por extracción en frío entre 7.5 y 9.5 (NEN 2151, TAPPI T 509)
- Prohibición de blanqueantes ópticos y de encolado con alumbre/resina (ASTM 3458)
- Gramaje mínimo de 80 para documentos y de 135 para material de archivo
- Brillantez con reflexión dirección mínima del 75% (NEN 1843,

¹ En el grupo de trabajo participaron el Ministerio de Cultura (WVC), el Ministerio de Asuntos Interiores (BiZa) y representantes de las provincias (*Vereniging van Nederlandse Gemeenten*). Los miembros técnicos fueron un archivero, un conservador y un científico especializado en conservación (Hofenk de Graaff, 1987).

TAPPI T 452)

- Mínimo de resistencia al desgarró de 60 gramos (ISO 1974)
- Resistencia al plegado mínima de 150 para documentos y 300 para material de archivo, según método Shopper (ISO/DIS 5626)
- Envejecimiento acelerado en seco: 24 horas a 105°C (ASTM 776)
- Retención de cualidades: 80% para resistencia al desgarró y plegado.

Para la elaboración definitiva de la norma NEN 2728, se trabajó en estrecha conexión con el *European Standard Organisation* (CEN) y con la *International Standard Organisation* (ISO), que en esos momentos estaban realizando estudios sobre los mismos temas.

En la norma holandesa se recogieron las críticas que se estaban vertiendo sobre la norma ISO intentando afrontarlas, de esta manera se incluyeron los tests de envejecimiento acelerado y de resistencia al plegado (Hoffenk de Graaff, 1991). En un principio, como reflejaba la propuesta de 1987, también se había querido incluir exigencias sobre la pulpa (sin pasta mecánica), el encolado (neutral, descartando el empleo de alumbre/colofonia) y la brillantez (75%), pero finalmente fueron descartadas. El borrador de la norma holandesa quedó definido en Octubre de 1991, con la denominación "*Permanent Paper requirements and testing methods. Draft NEN 2728*" transformándose definitivamente en norma en Enero de 1993. La norma holandesa se ha convertido en un "*Koninklijk Besluit*" (Real Decreto) y tiene carácter de obligatoriedad para los papeles usados por el gobierno

A) Requisitos:

- Características químicas:
 - pH entre 7.5 y 9.5 según extracción en frío según NEN 2151
 - Reserva alcalina: 0.4 mol de ácido por K. de papel, equivalente a un 2% de carbonato cálcico, según ASTM D4988
- Características físicas:
 - Índice de desgarro de 5.25 mN.m²/g según NEN 1760
 - Resistencia al plegado de 50 dobles pliegues según ISO 5626
- Envejecimiento acelerado: retención del 80% de las características físicas tras 288 horas (12 días) a 80°C y 65% H.R. según ISO 5630-3.

Los papeles que cumplan estas características podrán llevar incado el signo de infinito (∞) dentro de un círculo con el nombre de la norma debajo (NEN 2728: 1992)¹

¹ El NNI, junto con el "Laboratorio Central de Investigación sobre Objetos de Arte y Ciencia de los Países Bajos", sigue ampliando sus estudios sobre la conservación y ha creado otro grupo de trabajo, con representación de archiveros, conservadores y científicos, llamado "Archival Conservation" con el objetivo de elaborar normas sobre almacenamiento de documentos; el borrador sobre carpetas y cajas de archivo, existente desde 1987 (Hofenk de Graaf, 1987), fue publicado en 1992 como proyecto de norma de los Países Bajos.

2.3.7. Países Escandinavos

Los Países Escandinavos (Dinamarca, Finlandia y Suecia) suelen emplear las mismas normas, sobre todo Suecia y Finlandia que, en el ámbito que nos afecta, tienen una reglamentación gubernamental referida al papel, materiales de escritura y máquinas copiadoras. Los tres países han estado trabajando en colaboración para las tareas de ISO/TC42/SC2¹.

2.3.7.1. Dinamarca

Dinamarca ha participado muy activamente en la elaboración de la norma ISO, de hecho el Secretariado del Comité ISO TC 46/SC 10 ha estado ubicado en ese país.

Desde el punto de vista legal, los Archivos Nacionales junto con la Oficina de Compras del Estado (*State Purchasing Department*) publican directrices acerca del papel que debe emplearse en las instituciones gubernamentales². A este respecto, desde su publicación en 1983, existe una normativa regulada según instrucciones de la Oficina de Compras del Estado

¹ Dinamarca, Finlandia y Suecia están involucrados en un proyecto conjunto de investigación financiado por la organización *NORDINFO* (Fondo Industrial Nórdico) para estudiar los métodos de test y las especificaciones para elaborar una norma sobre papel permanente; además de esto también se están abordando las causas de alteración generadas por distintos elementos y sistemas de fabricación. Con este proyecto se pretende involucrar a la industria papelera y por tanto beneficiar a todo el mercado que se abastece del papel fabricado en los países escandinavos. En el proyecto nórdico cooperan los institutos finlandés (*KLC*), noruego (*PFI*) y sueco (*STFI*) de investigación de pulpa y papel, el "Laboratorio de Investigación de Artes Gráficas" sueco, el fabricante danés *STORA Papyrus Forenede Papirfabrikker A/S* y el Proyecto Sueco I+D (*FoU-projektet för pappers-konservering*).

² Dirigiéndose a los Archivos Nacionales es posible obtener las Instrucciones Generales para el Suministro de Material Impreso, publicadas por la Oficina de Compras del Estado.

que distingue un papel de uso ordinario (donde se admite el papel reciclado) y dos tipos de papel de archivo.

Según la normativa ~~Dansk Standardiseringsraad~~ de 1983, los papeles de archivo quedan diferenciados por su gramaje (más de 115 g/m² o más de 80 g/m²) en función del uso al que estén destinados, y deben poseer:

- pH de 7.5,
- índice de cobre de 0.3, y
- determinada resistencia al desgarro y al plegado antes y después del envejecimiento acelerado durante 72 horas a 100°C.

2.3.7.2. Finlandia

~~SFS 4465.5-1980¹: Papel y cartulina sin satinar para el depósito de archivo.~~

El ámbito de esta norma son los papeles y cartones permanentes y semipermanentes. Los requerimientos se basan en la acidez, la composición de las fibras, cargas de carbonato, resistencia al desgarro y al plegado, brillo, cambios en la resistencia al plegado, brillo y pH tras envejecimiento acelerado durante 72 horas a 105°C (pérdida de pH inferior a 0.5 puntos), masa, absorción de la humedad y opacidad.

¹ Suomen Standardisoimishitto. Finnish Standards Association (SFS).

Establece tres tipos de papeles según el pH:

- Tipo A con pH de 7.5.
- Tipo B con pH de 6.5.
- Tipo C con pH de 5.5.

En 1983 la norma SFS 44465.5, ligeramente modificada, se convirtió en la norma administrativa del Estado VHS 1009¹, **obligatoria** en los ámbitos estatales y municipales, según la reglamentación establecida por los Archivos Nacionales (Y1/83). En Finlandia los archivos nacionales participan activamente en la producción de normas relativas al papel y, en este caso, han aplicado la norma administrativa del Estado para conseguir ampliar su ámbito de acción.

Ley de Archivos Nacionales:

Tanto la Ley de Archivos (184/81) como el Decreto sobre Archivos, en su Artículo 10 (1012/82), hacía ya obligatorio el empleo del papel permanente en los registros que debían ser conservados. Pero en 1988, como mayor refuerzo, los Archivos Nacionales Finlandeses hicieron votar otra ley para imponer el uso del papel permanente para todos los documentos municipales o estatales destinados a ser conservados. En este caso se contemplan dos tipos de permanencia: mínimo 50 años y mínimo 100 años².

¹ *Technical Research Centre. Graphics Arts Laboratory, Finlandia.*

² Para poder determinar claramente qué papeles cumplen con las normas relativas a permanencia, el Centro Estatal de Investigación Técnica realiza tests de cualidades de conservación y comunica los resultados a los Archivos Nacionales, que publican cada año una lista de materiales (continúa...)

2.3.7.3. Suecia

En Suecia el Gobierno controla directamente los proyectos sobre papel permanente y existe una norma en vigor al respecto, aunque su texto no está disponible en España.

Dentro de la ordenanza referida a los materiales que deben utilizarse por parte de los órganos oficiales, hay especificaciones o normas técnicas para papel desde hace mucho tiempo, con la intención principal de impedir el empleo de la pasta de madera en el caso de documentación de archivo. La primera, sobre documentos y tintas para la Administración Pública, es de 1907 y se basa en el contenido de fibra estableciendo 4 clases de papel:

- 1: Trapo, con alto grado de resistencia
- 2: Trapo
- 3: Mezcla de trazo (no menos del 50%) y pasta química
- 4: Sin pulpa mecánica

En 1964 se sustituyó esta norma por otra donde se definía un solo tipo de papel de archivo, usando como criterio fundamental el contenido de fibra y requerimientos de resistencia (Ordenanza 1964 : 504, sección 2.2.6. y 3.1.). El papel de archivo consistía en todo trazo, resistencia mínima de 200 pliegues en ambas direcciones, resistencia al desgarro, al agua, uniformidad superficial, borrrabilidad, pureza, opacidad y blancura; aún no hacía referencia ni al apresto

²(...continuación)

permanentes. En Finlandia todos los proyectos concernientes al papel permanente están bajo control gubernamental.

alcalino ni a la reserva antiácida. En las últimas décadas la Administración Pública ha usado papel que cumplía los requisitos de esta norma, de 80, 100 y 112 de gramaje y que provenía prácticamente de un solo molino.

En 1991 la legislación de archivos sueca se anuló y fue sustituida por una nueva regulación; para cubrir el vacío que dejaba la norma de 1964 hasta la aparición de la normativa ISO, se elaboraron especificaciones propias que han sido desplazadas por normas técnicas de los Archivos Nacionales para papeles permanentes y de archivo.

Los criterios básicos para papel permanente en este caso son:

- Pasta de algodón, lino, pulpa química blanqueada sin mayor presencia del 5% de otro tipo de pulpa, y número Kappa < 5.
- Apresto alcalino, pH entre 7 y 10 y reserva alcalina del 2% de carbonato cálcico.
- Sin recubrimiento ni colorantes.

En el caso de papeles con calidad de archivo los requisitos, además de los anteriores, quedarían completados con una resistencia al plegado de al menos 150 en la dirección mas débil; según los investigadores, esto se considera un requerimiento bastante alto como para garantizar que se emplearon fibras de alta calidad.

Si algún fabricante puede producir un papel con pulpa química lejiada con esta fuerza sería una mejora muy importante desde el punto de vista papelerero.

Estas normas técnicas son acordes con la definición de permanencia/durabilidad de ISO, en las que un papel débil puede ser permanente y por tanto la resistencia sólo se requiere en papel de archivo; la existencia de una normativa nacional no implica que no se apoyen las normas ISO, al contrario, se apoyan totalmente y se entiende que cuando éstas adquieran vigencia no tendrán sentido las normas nacionales. Prueba de ello es que los Archivos Nacionales y la industria sueca participan activamente con la asociación ISO¹.

Es importante mencionar un **proyecto nacional de I+D** sobre preservación del papel, iniciado en el año 87/88 (Proyecto Sueco I+D para preservación del papel "*FoU-projektet för pappers-konservering*"), en el que uno de los principales objetivos es iniciar y promover la producción de papeles de larga duración de impresión y escritura.

Cada año, el *Statens Provnings-anstalt* (Oficina de Ensayos, Inspección y Metrología de Suecia) publica una lista de materiales que pueden emplearse para uso de archivo².

¹ En Suecia los últimos molinos de papel fino con encolado ácido se van adaptando a la fabricación de papel alcalino; de hecho, se espera que, a muy corto plazo, todos los molinos con elevada exportación fabriquen papeles alcalinos según las normas nacionales y posteriormente la norma ISO (C.N.C., 1992, Intervención de E.I. Fröd, 79).

² Esta lista puede solicitarse en Riksarkivet, Box 12541, 102 29 stockholm. Suecia.

2.3.8. Reino Unido

El organismo encargado de la normalización en el Reino Unido es el *British Standards Institution*, pero a pesar del interés que existe en éste país sobre la permanencia del papel, no existe ninguna norma al respecto.

Lo que sí existen son unas "Recomendaciones de *Her Majesty's Stationary Office*" (H.M.S.O.) y de la Asociación Pública de Editores *LIBTRAD*.

En el Reino Unido hay unos pocos editores que producen todo su material en papel permanente, y la ~~Asociación de Editores del Reino Unido~~ (*U.K. Publisher Association*) intenta potenciar entre sus miembros el empleo papeles de buena calidad. En Marzo de 1991, esta entidad, asociada a la Federación Británica de Industrias de Publicación (*British Printing Industries Federation*) y a la Federación Británica de Industrias del Papel y Cartón (*British Paper and Board Industrie Federation*) publicó un compromiso sobre el empleo de unos requerimientos mínimos para publicaciones no efímeras; esta norma para papeles libres de ácido requiere:

- Papel sin contenido de lignina
- 100% de pasta química completamente blanqueada
- Reserva alcalina de carbonato cálcico mínimo del 2%.

Esta norma se considera provisional mientras el ISO y el comité CEN logren un acuerdo internacional sobre papel durable.

2.3.9. España

En España el organismo encargado de la elaboración y difusión de las Normas Españolas (UNE) es la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Como hacíamos notar al comienzo, desgraciadamente en nuestro país no hay ninguna norma específica sobre papel permanente aunque, en todo caso, estaría sujeto a la normativa de ISO, cuya norma sobre papel permanente apoya.

En contraposición a la ausencia de una normativa moderna, la Administración española de la primera mitad del siglo pasado sí consideró la importancia de la calidad de los papeles usados en su ámbito. Así, encontramos la prohibición del uso de papel continuo *"debiendo atenderse a la autenticidad y mejor conservación posible de los escritos"*, acompañada de la obligación de que todas las comunicaciones y documentos oficiales se realizaran sobre *"papel de hilo corto"*. Este mandato apareció por primera vez como Real Orden de 15 de Julio de 1846 para el Ministerio de Guerra, y a lo largo de ese año y el siguiente se fue haciendo extensiva al resto de los Ministerios.

A principios de este siglo se siguieron manteniendo estas Ordenes, si bien según la R.O. de 16 de Agosto de 1917, dada la carestía del papel, se establecieron dos clases de papel de tina de distinta calidad según fuesen o no dirigidos a documentos de conservación indefinida (Espasa Calpe, Enciclopedia, Voz "Papel. Adm.").

Más recientemente, en la Orden del Ministerio de Hacienda de 29/6/75 se aprobaron las características del papel timbrado y de oficio, por la que se disponía que todo papel destinado a documentos en España estuviera impregnado contra la acción biótica (Kraemer, 1979, 849).

Rastreando entre las normas UNE relativas al papel podemos encontrar algunas de cierta relación con el tema:

- UNE 57 048 (Febrero de 1971): Papel. Papel cartográfico para usos generales:
 - Sin pasta mecánica ni semiquímica
 - 7% humedad
 - Gramaje entre 63 y 112
 - Contenido en cenizas máximo del 5%
 - Grado de blancura mínimo de 80%
 - Opacidad determinada según gramaje
 - Absorción de agua máxima de 22 g/m²
 - Lisura S 40/90
 - pH mínimo de 5
 - Longitud de rotura longitudinal mayor de 5200 ó 5800 y transversal mayor de 2800 ó 3200
 - Índice de estallido mínimo de 21
 - Índice de desgarro mínimo de 70
 - Plegado (doble pliegue 1K) longitudinal mínimo de 55 ó 150 y transversal 35 ó 100
 - Estabilidad dimensional transversal menor del 3%
- UNE 1 056 (Febrero 1952) Norma de calidad para fichas con destino a bibliotecas.
- UNE 57-077 1974: Papel para impresión offset.
- UNE 57 082 (Julio 1978): Papel. Características de los papeles para los formularios en papel continuo.
- UNE 57 084 (Abril 1978) Cartón. Clasificación de los diferentes tipos de cartoncillo.

2.4. NORMATIVA INTERNACIONAL: A LA BUSQUEDA DE UN ACUERDO GLOBAL. *THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)*.

El organismo encargado de la normalización a nivel internacional es la Organización Internacional de Estandarización (I.S.O.). Al ser su alcance el de ámbito más amplio es de gran importancia la existencia de una norma ISO referida a la permanencia del papel. Sobre este punto es destacable el interés tomado por los miembros de la *International Organization for Standardization* por acelerar la creación de dicha normativa, de reciente aparición. Por su importancia reflejamos detalladamente los avances previos que dieron lugar al proyecto de norma sobre papel permanente (ISO/DIS 9706) que finalmente se convertirían en la norma vigente, ISO 9706, publicada en Junio de 1994.

2.4.1. El proyecto de norma I.S.O.: ISO/DIS 9706 "Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence"¹

La idea de formar un Grupo de Trabajo (WG) encargado de elaborar una norma sobre papel permanente se comentó por primera vez en 1988 en el

¹ El Proyecto de Norma Internacional ISO/DIS 9706, ha sido elaborado por el Comité Técnico 46 (Información y Documentación de ISO), Subcomité 10 (Salvaguarda física de los documentos), con la participación de expertos del Comité Técnico 6, Subcomité 2 de ISO (Métodos de análisis y especificaciones de calidad de papel y cartón).

encuentro de Copenhague²; en este caso se proponía una norma basada en la estadounidense ANSI Z39.48-1984.

En este primer borrador los requisitos para considerar un papel permanente eran:

- Composición de pasta química y fibras (algodón, lino) en un 97%
- Reserva alcalina con un máximo del 2% de carbonato cálcico
- pH por extracción en frío entre 7.5 y 9.5
- Sustancias ácidas prohibidas
- Propuesta de 4 tests de plegado
- Resistencia al desgarro de 5,5 mNm²/g.

A pesar de que la idea tuvo una amplia aceptación, recibió varias críticas por parte de los distintos países miembros del proyecto ISO:

- **Estados Unidos:** Desaprobaba el proyecto por ser muy similar a la norma ANSI (en ese momento en revisión) y criticaba el que se propusieran características de producción en detrimento de las cualidades generales requeridas para un papel permanente. Entendía que la lista de elementos prohibidos era imprecisa y no exhaustiva, que la reserva alcalina se analizaba sólo cualitativamente, que un pH mínimo de 9.5 no tenía fundamento y que los tests de resistencia debían hacerse en función del gramaje.

- **Francia:** Aprobaba el proyecto pero con una serie de objeciones. A saber, que un pH excesivamente alcalino podía ser nocivo, por lo que proponía 9 como límite máximo de pH, también abogaba por la eliminación de los tests de plegado en el caso de los papeles de acuarela y porque el símbolo de permanencia apareciera como filigrana.

² El grupo de trabajo (WG1) para la elaboración de la norma ISO relativa a la permanencia del papel, se creó según las decisiones tomadas en la reunión del Comité Técnico de ISO sobre Información y Documentación, Subcomité para la salvaguarda física de los documentos, celebrado en Mayo de 1989 en Washington. El primer encuentro de este grupo de trabajo fue sólo cinco meses más tarde (Encuentro de ISO/TC 46/SC 10/WG 1, Estocolmo, 1/10/1989) y la forma definitiva del borrador se llevó a cabo en la reunión de Londres de 1992.

- **Alemania:** Desaprobaba el proyecto ISO y proponía esperar a la votación de la nueva norma de ANSI. Criticaba la ausencia de ensayos de envejecimiento acelerado y que los métodos empleados para los análisis no fuesen previamente definitivos a nivel internacional, al igual que pretendía serlo la norma. También entendía que la reserva alcalina no era una condición imprescindible para una buena permanencia, que un límite mínimo de pH 7.5 era muy estricto, que los tests de resistencia y plegado requerían métodos muy numerosos además de realizarse tras el envejecimiento, y que tanto el símbolo sobre la permanencia como otras recomendaciones no deberían aparecer en la redacción de la norma.

- **Italia:** Citaba su norma en vigor como documento base para el proyecto de ISO y proponía la determinación de 3 categorías de permanencia al igual que las que aparecían en las normas ASTM.

- **Finlandia:** Indicaba la posibilidad de que pudiesen usarse pastas de madera siempre que estuviesen tratadas químicamente, y que el resto de otras pastas no fuese superior al 10% del peso del papel; también entendía que el límite mínimo de pH era muy estricto, proponiendo el de 6.5; además abogaba porque la reserva alcalina de carbonato cálcico no era imprescindible.

- **Suecia:** Desaprobaba el proyecto ISO por entender que no había una buena concertación con los otros comités de trabajo y que no se tenía en cuenta a otras partes interesadas, como podían ser los fabricantes de papel.

- **Gran Bretaña:** Principalmente criticaba el hecho de que no se hubiera resuelto nada sobre las condiciones de conservación, al entender que debían especificarse unos mínimos al respecto. También proponía que se precisase el error en la longevidad, que se especificase el uso de las pastas químico-termo mecánicas (CTMP) al entender que era un error impedir su empleo, y que los tests para indicar la reserva alcalina debían ser cuantitativos.

En tan sólo tres años quedó definido el Proyecto de Norma Internacional "*Draft International Standard ISO/DIS 9706. Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence*". La norma, en fase de Proyecto, fue finalmente adoptada en Junio de 1993, y cumpliendo las previsiones ha sido definitivamente publicada en Junio de 1994.

En la redacción del segundo borrador de la norma ISO, realizada en la primera reunión del WG1 (Estocolmo, Octubre de 1989) participaron Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Italia, Noruega, Reino Unido y Suecia. Para la elaboración de este proyecto se tuvo en cuenta la pretensión de conseguir un papel con una buena permanencia y durabilidad a un coste asequible, entendiendo como *papel permanente* "*aquel que durante largos periodos de almacenamiento en bibliotecas, archivos y otros ambientes protegidos sufre escaso o nulo cambio en las propiedades que afectan a su uso*" (principalmente referidas a la legibilidad y manipulación).

Además de pretender una aplicabilidad práctica desde el punto de vista comercial, se seleccionaron pruebas que ofrecieran una buena reproductibilidad y una precisión razonable, con los métodos que se emplean comúnmente en los laboratorios de análisis de papel, y mediante personal que no necesitase una excesiva experiencia.

Debido a todas estas acotaciones, en este segundo borrador se terminaron descartando exigencias como los tests de resistencia al plegado (por tener escasa reproductibilidad), la resistencia microbiológica (por considerar "permanencia" en ambiente no extremo), y el análisis de fibras (por precisar un personal muy cualificado). Los requisitos sobre el tipo de

pasta papelera se sustitufan por la determinación de materia oxidable según el número Kappa (contenido en lignina menor del 1%), se determinaba la prohibición del empleo de sustancias ácidas mediante la medida del contenido máximo de alumbre según determinación del aluminio soluble en ácido, y se proponía el envejecimiento artificial en húmedo para determinar la retención de las propiedades de resistencia al desgarro.

En posteriores reuniones se fueron especificando los requisitos para la permanencia del papel, por ejemplo los valores de pH y reserva alcalina, y los tests de resistencia mecánica, que habían ido variando en los distintos borradores, y se descartaron varias pruebas, como las de envejecimiento acelerado (desestimado definitivamente en el encuentro de Noviembre de 1990, en Londres, como método muy costoso, que no añadía excesiva información adicional si se cumplía el resto de los requisitos), exigencias respecto al amarilleamiento (por entender que no afectaba a la "legibilidad"), etc. Desde un sentido purista podría ser criticable el haber prescindido de alguno de estos puntos, pero en términos generales puede ser considerado como un acierto en aras de la viabilidad de su aplicación.

El 21 de Enero de 1992, una revisión de la CD 9706 comenzó a circular como documento N62 1992-1-21, para que se iniciara su votación por correo por parte de los miembros con plena participación y derecho a voto. El 23 de Abril de 1992 finalizó la fecha para votar su registro como DIS, alcanzándose una elevada aprobación con 13 votos a favor y 1 en contra.

La delegación australiana, de donde provenía el voto contrario a la norma, anunció la elaboración de otra norma propia más restrictiva, al igual que los Países Bajos, que aunque seguirían las indicaciones de ISO harían obligatorios los tests de envejecimiento acelerado.

El documento se revisó finalmente en Mayo de 1992, en el encuentro del SC 10 en Londres, cuyo principal tema era precisamente llevar a cabo la última redacción de la Norma relativa al papel permanente (CD 9706). En esta reunión del SC 10 asistieron representantes de Arabia Saudí, Australia, Canadá, China, Dinamarca, Estados Unidos, Francia, Japón, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Rusia y Suecia; como organizaciones sin derecho a voto participaron la ICA y el *Instituto for Paper Conservation*. Se introdujeron algunas enmiendas, que afectaban principalmente a la redacción, y se adoptó la resolución, con el apoyo de todos los miembros, de enviar el documento revisado para que fuese registrado como *DIS (Proyecto de Norma)* y sometido a debate, para que en 6 meses se convirtiera en norma ISO.

Finalmente, el 1 de Octubre de 1992, se emitió el borrador de la norma ISO 9706 con la denominación "*Draft International Standard ISO/DIS 9706. Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence*"; ese mismo día comenzó el plazo para su votación pública, que según indicaciones de ISO terminaba en Abril de 1993. ISO/DIS 9706 fue aprobada en Junio de 1993. El 1 de Marzo de 1994 se convirtió definitivamente en norma ISO (ISO 9706-1994), publicándose en Junio de este mismo año.

2.4.2. La norma ISO 9706. "Información y Documentación - Papel para Documentos - Requerimientos de Permanencia"

La norma ISO 9706 pretende identificar el papel con alto grado de permanencia que sufre escaso o ningún cambio en las propiedades que influyen en la legibilidad y manipulación cuando se almacena en ambientes protegidos durante largos periodos de tiempo.

A) Ambito:

Se extiende a papeles empleados como documentos de no más de 225 g/m² (no válido para cartones) y no menos de 25 (no hay especificaciones de resistencia). Está principalmente indicada para papeles de escritura, impresión y reprografía¹.

Es destacable cómo en la misma norma se indica que *"algunos papeles para propósitos especializados pueden fallar en el cumplimiento de alguno de los requerimientos aunque tengan un alto grado de permanencia"*. Este sería el caso de algunos papeles de impresión fuertemente encolados y algunos papeles usados por artistas.

¹ Según Zappala (1991b, 139) la norma no está pensada para documentos y libros de importancia histórica fundamental, sino para la mayoría de libros y documentos que se guardan en archivos y bibliotecas; además cita a Olof Bethge, integrante de los grupos de trabajo para la elaboración de la Norma, según quien *"...the standard that the group has to develop shall not specify a paper that must be as good as a paper ever could be"* ("la norma establecida por el grupo no especifica un papel tan bueno como debería ser). Es claro que en la norma se han combinado las exigencias de un papel de buena durabilidad con unas condiciones de asequibilidad, para tener una norma de viabilidad práctica. Unas mayores exigencias habrían supuesto unos costes en la elaboración del papel que la hubieran hecho impracticable o hubiesen implicado serios problemas de producción.

Ya, en el primer encuentro del grupo de trabajo para la elaboración de ISO 9706 (Estocolmo, 1989) se anunciaba que no se pretendía abarcar a los papeles de mayor permanencia posible y que sería necesario preparar una segunda norma para estos casos, donde se aplicaran todos los conocimientos actuales para lograr un papel de las mejores características sin que tener en cuenta los costes.

B) Principios:

Aunque la única manera fiable de averiguar la permanencia de un papel sería almacenarlo durante largo tiempo, quizás cientos de años, en la práctica las observaciones de documentos históricos y el conocimiento actual hacen que puedan realizarse predicciones según las propiedades del papel y su composición. Partiendo de estos presupuestos, las características que debe tener un papel para ser considerado permanente serían las siguientes:

- Grado de acidez del papel. Valorado mediante la medición del pH por extracción acuosa en frío (según ISO 6588). Se admiten valores de pH comprendidos entre 7.5 y 10.
- Resistencia a la oxidación. Obtenida a partir de la valoración del número Kappa, que debe ser menor de 5 (según ISO 302)¹.
- Reserva alcalina. Contenido de sustancias capaces de neutralizar 0.4

¹ Aunque la medida del número Kappa se emplea fundamentalmente para valorar el contenido de lignina, en este caso su cometido es determinar el contenido de sustancias fácilmente oxidables.

mol de ácido por kilo (según ISO 10716)².

- Resistencia al desgarro (según ISO 1974). Admitiéndose una resistencia de más de 350 mN en cualquier dirección de fibras, para papeles con un gramaje mínimo de 70; en papeles menos pesados la resistencia permitida se calcula restando 70 de la multiplicación del gramaje por seis.

C) Definiciones:

- Permanencia: Habilidad para mantener las condiciones físicas y químicas estables durante largos periodos de tiempo.

- Papel permanente: papel que durante largo almacenamiento en archivos, bibliotecas u otros ambientes protegidos sufre escaso o ningún daño en las propiedades que afectan a su uso (legibilidad y manipulación).

- Reserva alcalina: componente, como el carbonato cálcico, que neutraliza el ácido generado como resultado del envejecimiento o de la contaminación atmosférica.

Los papeles certificados por un laboratorio reconocido que cumplan los requerimientos de la norma pueden llevar el **símbolo matemático de infinito** (∞) dentro de un círculo indicando bajo éste ISO 9706.

¹ Equivalente a un 2% del papel en caso de tratarse de Carbonato cálcico.

En el Anexo C de la norma se incluyen unas "notas sobre envejecimiento acelerado y propiedades ópticas":

- Envejecimiento acelerado:

Frecuentemente se adoptan algunas formas de envejecimiento acelerado usando exposiciones a elevadas temperaturas en una humedad fija. En el borrador de la norma se hicieron muchas consideraciones sobre si debería ser incluido como test, pero se concluyó que no era apropiado por las siguientes razones:

a) Requiere demasiado tiempo para ser una medida de control de calidad (normalmente 24 días). En todo caso el cliente puede pedir que se realice.

b) Ensayos interlaboratorios realizados mientras se esbozaba la norma mostraban que respecto a las propiedades mecánicas, si se pasaban las normas de esta prueba, no fallaría en el envejecimiento acelerado durante 24 días a 80°C y 65% HR según ISO 5630/3, con test de resistencia al desgarro en ambas direcciones reteniendo el 80% del valor inicial.

c) Muchos papeles que pasan los tests de envejecimiento acelerado contienen proporciones de pulpa mecánica de diferentes clases (incluyendo la CTMP). Sin embargo estas pulpas no han sido consideradas apropiadas según la norma ISO 9706 por la carencia de certeza científica. Podría resultar que óxidos de sulfuro y nitrógeno de la atmósfera reaccionen más rápidamente con fibras lignificadas dando residuos ácidos que provoquen la degradación de la celulosa y este tipo de degradación no se contempla en el envejecimiento acelerado convencional.

Pero el envejecimiento acelerado puede ser muy útil y es posible que debiera estar siempre considerado, principalmente cuando se hacen cambios específicos en la composición de los papeles para que cumplan la norma.

La resistencia al desgarro sería la medida más adecuada de resistencia como indicador del envejecimiento. En este caso se recomienda una disminución de no más del 20% de las propiedades tras el envejecimiento artificial. También pueden usarse otros ensayos mecánicos como el plegado o la absorción de la energía de tracción. La precisión mejora si las muestras se envejecen a distintos tiempos y las gráficas muestran la tasa de decrecimiento de la propiedad elegida.

- Propiedades ópticas:

No se incluyen tests para garantizar la retención de propiedades ópticas como brillantez, valor Y, lustre o fluorescencia. La razón es que en los documentos la pérdida de brillantez o ligero amarilleamiento es menos importante que la retención de propiedades mecánicas. Un cierto grado de decoloración puede ser tolerado sin que los impresos se vuelvan ilegibles. Añadir la complicación de tests ópticos es innecesario, especialmente cuando serían precisos tests de envejecimiento acelerado con exposición a la luz. Si se considera que el papel debe mantener sus características ópticas, se puede acordar con el fabricante la definición de las propiedades y su medida.

En la reunión de Londres del SC10, Mayo de 1992, donde se redactó definitivamente la norma ISO 9706, quedó establecido entre otros temas (WI) el WI 127 sobre papel para documentos durables o "papel de archivo". Sería

una versión mucho mas restrictiva de la norma ISO 9706. A este respecto existen dos borradores, uno de ellos es una propuesta del grupo italiano para convertirla en norma nacional, el otro es el documento ISO/CD 11108.

Este último borrador, denominado "Information and Documentation - Archival papers - Requirements for permanence and durability", apareció el 24 de Enero de 1994 (Documento ISO/TC 46/SC 10/N 77. ISO/CD 11108). Su ámbito está circunscrito a papeles sin imprimir que precisen una alta permanencia y durabilidad (para documentos trascendentes que vayan a sufrir un alto grado de manipulación).

Entre las definiciones de la norma destaca el término de *durabilidad*, como la capacidad de resistir los efectos del tiempo y hacerlo en situaciones extremas.

Los requisitos para considerar un papel con calidad de archivo, además de los de ISO 9706 (reserva alcalina mínima de 0.4 moles de ácido por kilo, resistencia a la oxidación con un número Kappa < 5.0, pH en extracto acuoso entre 7.5 y 10, y resistencia al desgarró mínima en ambas direcciones de fibra de 350mN), serían:

- Composición fibrosa (algodón, linters de algodón, lino, cáñamo, ramio, o mezcla de éstas),
- Gramaje entre 70 y 225 g/m², y
- Resistencia al plegado en ambas direcciones mínima de 2.45 según el método Shoppere ó 2.18 según Lhomargy, Köler-Molin o MIT.

Como resulta evidente, la permanencia de un papel no sólo depende de sus propias características, sino además de las condiciones en que haya estado almacenado; por lo que como complemento a esta norma, ISO ha encargado la elaboración de otra referida a las **condiciones de almacenamiento** de documentos. El primer encuentro se programó para Junio de 1993 en Oxford, con participación de representantes de Dinamarca, Italia, Reino Unido, Rusia y Suecia. Esta Norma, en preparación, se denominará ISO 11799 *"Information and documentation - Document storage requirements"* y está siendo elaborada por el Comité Técnico 46, Subcomité 10, Grupo de Trabajo 3 (ISO WD 11799, ISO 46/10/3 N 1-5), tomando como base normas nacionales ya existentes en Italia, Países Bajos, Reino Unido, Rusia y Suecia. Un punto importante en relación a este último asunto es la encuadernación de los documentos permanentes; también se está elaborando un borrador al respecto (WD 11800).

Otro tema necesario de ampliación es la permanencia de los **cartones**; el proyecto de norma ISO DIS 9706 excluye los documentos con un gramaje mayor de 225 g/m^2 , pero éstos también deben estar regulados respecto a su permanencia, pues los cartones se encuentran en obras especiales como mapas y obras de arte y al formar parte de la encuadernación y del embalaje, la inexistencia de normas al respecto está influyendo en el desarrollo de la futura norma ISO 11799 y del proyecto sobre encuadernaciones.

Para abordar este problema, la circular N82 del ISO/TC46/SC 10 (1994) anuncia este nuevo tema de trabajo, basado en la norma ISO 9706 con las modificaciones pertinentes respecto a los tests de resistencia.

Cuadro 7 - Esquema de la normativa sobre papel permanente según países y características.
(Desarrollado en páginas 377, 378 y 379)

PAIS	NORMA	SIMBOLO	AMBITO	PERMANENCIA	GRADOS	GRAMAJE	BLANCURA /OPACIDAD
Internacional	ISO-9706 (1994)	∞ ISO 9706	Documentos Permanentes	Varios cientos de años.		de 25 a 225 ISO 536	
Internacional	ISO/CD 11108 (en proceso)		Documentos de Archivo	Varios cientos de años.		de 70 a 225 ISO 536	
E.E.U.U.	ANSI/NISO Z39.48-1992	∞	Todo tipo (tb. artístico)	1-Varios cientos 2- Más de 100 3- Más de 50	1- (A y B) 2- (A y B) 3- (A y B)		
E.E.U.U.	ASTM D-3290 (1986)		Documentos Permanentes			de 50 a 135 ASTM D646	B: ≥75% ^{GTAPPT452} O: ASTM D589
E.E.U.U.	ASTM Z08162 (en proceso)		Papeles de uso Artístico				
E.E.U.U.	JPC A270 (1988)		Documentos Permanentes				Blancura. ≥ 80%
Canadá	CGSB-9-GP-41M (1979)		Contabilidad y Documentos				Opacidad
Alemania	DIN 6738 (1992)	DIN 6738 LDK ...	Papel, cartón y dibujo	1- Máxima 2- Varios cientos 3- Más de 110 4- Más de 50	LDK 24-85 LDK 11-80 LDK 6-70 LDK 6-40	de 40 a 400	
Austria	ÖNORM A 119 (1987)		Papel y cartón sin estucar				
Francia	NFQ 15-013 (1993)	∞ ISO 9706	Documentos Permanentes			de 25 a 225 ISO 536	
Italia	D.M. 2/8/83 (1983)	Duverole per la conservazione	Papel y cartón de conservación				
Italia	Propuesta ISO (en proceso)		Paples de Archivo				
Países Bajos	NEN 2728 (1993)	∞ NEN 2728	Documentos Permanentes				
Dinamarca	Of. Compras del Estado/1983		Papeles de Archivo			de 80 a 115	
Finlandia	SFS 4465-5 (1980)		Papeles de Archivo		A, B y C		Blancura y Opacidad
Finlandia	Ley Archivos Nacional./1988		Documentos Municip. y Est.	A: Más de 100 B: Más de 50	A y B		
Suecia	Archivos Nacional./1991		Papel permanen- te y de Archivo		A y B		
Reino Unido	Recomend. LIBTRAD/91		Publicaciones no efímeras				
España	UNE 57048 (1971)		Cartografía			De 63 a 112	
India	IS 1774 (1961)		Documentos permanentes				
Pakistán	Ps 776 (1970)		Documentos Permanentes				

NORMA	RESISTENCIA MECANICA	ENVEJECIMIENTO ACELERADO	RETENCION TRAS ENVEJECIMIENTO	OTRAS CARACTERISTICAS
ISO-9706 (1994)	Desgarro mínimo = 350 mN (según ISO 1974)			
ISO/CD 11108 (en proceso)	Desgarro mínimo = 350 mN (según ISO 1974)			
ANSI/NISO Z39.48 (1992)	Desg. > 5,25 mNm ¹ -3,5 el estucado- (seg. TAPPI T414)			
ASTM D-3290 (1986)	Desgarro según gramaje - tabla (según TAPPI T414)			Variación gramaje, espesor y dimens. 1 y 2 apresto neutro
ASTM Z08162 (en proceso)	Desgarro y Plegado	SI (datos no disponibles)	Resist.(80%, 60-80% y 60%) Pérd.Brillo (2, 2-5 y 5 puntos)	
JPC A270 (1988)	Desg.>40g.(para gramaje<74) Pleg 30 (1K) MIT			
CGSB-9-GP-41M (1979)	Desgarro y Plegado	Durante 72 horas a 100°C.	Plegado	Curvatura,superf.,borrado,esp. resist. al aire-agua y amaque.
DIN 6738 (1992)	Tracc. y Alarg (DIN 53112) y Desgarro (DIN 53128)	A 80°C y 65% H.R. durnte 6, 12 y 24 días (seg. ISO 5630/3)	Tracción (5N), Alargamiento (>5%) y Desgarro (50 mN)	
ÓNORM A 119 (1987)	Desgarro (ISO 1974) y Plegado			
NFQ 15-013 (1993)	Desgarro mínimo = 350 mN (según ISO 1974)			
D.M. 2 / 8 / 83 (1983)		9 días a 105°C.	60% Reflectancia 50% Polimerización	Migrac.color, <2% cenizas, sílice, óxidos de Fe y Cr. Ti O ₂
Propuesta ISO (en proceso)	Pleg. <2,18 (80g), 2,4 (95g) y 2,54 (120g). Desg. > 50 mN.	A 80°C. y 65% H.R. durante 24 días (seg.ún ISO 5630/3)	Resistencia Blancura	
NEN 2728 (1993)	Desg.>5,25 mNm ¹ (NEN1760) 50 dobles pliegues (ISO5626)	A 80°C y 65% H.R. durante 12 días (según ISO 5630/3)	80% Resistencia al Desgarro y Plegado	
Of. Compras del Estado (1983)	Desgarro y Plegado	Durante 72 horas a 110°C.	Resistencia al Plegado.	
SFS 4465-5 (1980)	Desgarro y Plegado	Durante 72 horas a 105°C.	Resistencia al Plegado, Brillo y pH (A:7, B:6, y C:5)	Masa, Absorción y Humedad.
Ley de Archivos Nacionales./1988				
Archivos Nacional.es/1991	Plegado mínimo = 150			Apresto alcalino
Recomendaciones LIBTRAD/19 91				
UNE 57048 (1971)	Indice Est.>21. Ind. Desg.>70 Dob.pleg.1K:50-100/55-150			Estabil. Dimensional, Lisura, Absorción, 7% humedad.
IS 1774 (1961)	Plegado y Estallido	Durante 72 horas a 103°C	98% alfacelulosa 50% Resistencia al Plegado	Escritura, Cenizas < 2%, Resistencia Tremantina <1,5%
Ps 776 (1970)	Plegado y Estallido	Durante 72 horas a 103°C.	Indice de Cobre sin aumento mayor de 0,5.	Calidad Fabric. Cenizas < 2% Resistencia Tremantina <1,5%

NORMA	CONTENIDO FIBROSO	Nº KAPPA	ACIDEZ. (pH)	RESERVA ALCALINA	METALES
SO-9706 (1994)		< 5, según ISO 302	7,5 - 10 (en frío, según ISO 6588)	Mínimo 2 % (según ISO 10716)	
ISO/CD 11108 (en proceso)	Algodón o similar	< 5, según ISO 302	7,5 - 10 (en frío, según ISO 6588)	Mínimo 2 % (según ISO 10796)	
ANSI/NISO Z39.48 (1992)		< 7, según TAPPI T 236	7,5-10 (no estucado), 7-10 (estuc) Superf.	Mínimo 2 % (según ASTM D 4988)	
ASTM (1986)	D-3290 Blanqueada sin pasta mecánica (según TAPPI T 401)		1- 7,5 - 9,5 2- 6,5 - 8,5 En caliente 3- Mínimo 5,5.	1- Mínimo 2%	
ASTM Z08162 (en proceso)	Algodón, Lino o Trapo		1- 7,5 - 9,5 2- 6,5 - 8,5 En caliente 3- Mínimo 5,5.		
JPC A270 (1988)	Blanqueada sin pasta mecánica		Mayor de 7,5	Mínimo 2 %	
CGSB-9-GP-41 M (1979)	Blanqueada sin pasta mecánica		Mínimo de 4,8		
DIN 6738 (1992)					
ÓNORM A 119 (1987)	100% Celulosa blanqueada		Entre 7,5 - 9,5	Mínimo 2 %	
NFQ 15-013 (1993)		< 5, según ISO 302	7,5 - 9,5 (en frío, según ISO 6588)	Mínimo 2 % (según ISO 10716)	
D.M. 2 / 8 / 83 (1983)	Algodón sin lignina ni pasta química. Polimerización >900		Entre 6,5 - 11	Mínimo 1,5 %	Al<1%, Cu=0%,Cr, Fe<100 ppm. Cu,Zn
Propuesta ISO (en proceso)	Algodón o similar. Polimerización >1000 (ISO 5351)	< 3, según ISO 302	7,5 - 10 (en frío, según ISO 6588)	Mínimo 2 % (según ISO 10796)	Al<0,4g/k, Cu<20 ppm, Fe<1000 ppm.,
NEN 2728 (1993)			7,5 - 9,5 (en frío, según NEN 2151)	Mínimo 2 % (según ASTM D 4988)	
Oficina de Compras del Estado (1983)			pH 7,5		Índice Cu = 0,3%
SFS 4465-5 (1980)	Se tiene en cuenta (dato no disponible)		Mínimo- A: 7,5 B: 6,5 y C: 5,5	Se tiene en cuenta (dato no disponible)	
Ley Archivos Nacionales./1988					
Archivos Nacionales/1991	95% algodón o pasta química blanqueada	< 5	Entre 7 y 10	Mínimo 2 %	
Recomendaciones LIBTRAD (1991)	100% pasta química blanqueada, sin lignina		Libre de ácido	Mínimo 2 %	
UNE 57048 (1971)	Ni pasta mecánica ni semiquímica		Mínimo : 5		
IS 1774 (1961)	100% algodón, hilo o mezcla, contenido mínimo alfa-celulosa		Mínimo: 5,5		Cu < 2%
Ps 776 (1970)	100% algodón, hilo o mezcla, 85% mínimo de alfa-celulosa		Entre 6,5 y 8		Cu < 2%

3. SITUACION ACTUAL Y REFLEXIONES

Como puede comprobarse, las distintas normas sobre papel permanente, y más específicamente la norma ISO, han supuesto un gran esfuerzo de elaboración, que todavía continúa, y que se corresponde con la necesidad de disponer de una normativa de carácter internacional. Lo que resta ahora es que este impulso no se pierda, y que cada país adopte una reglamentación acorde, en la que al menos se obligue al empleo de papel permanente para los documentos oficiales de relevancia. Esto no es sólo responsabilidad de las autoridades gubernamentales sino de cada uno de los responsables de archivos y bibliotecas, de cada uno de los editores, de cada uno de los artistas que emplean papel, hasta llegar incluso a los propios consumidores y, cómo no, de los conocedores del tema, que debemos colaborar en su difusión.

No existen trabas lógicas para la difusión del empleo del papel permanente, pues son muchos los que pueden beneficiarse de sus características sin un coste adicional. Hay *posturas ecologistas* que se han lanzado en contra de su uso, al querer potenciar el papel reciclado como alternativa a los problemas medioambientales¹, pero ni un papel reciclado tiene por qué ser "ecológico" ni uno permanente no serlo, además es claro que el empleo del

¹ Un ejemplo ilustrativo de este problema lo constituye el informe "*Paper deterioration*" del *Federal Task Group* de la República Federal de Alemania (15/Junio/1992), en el cual se dedica todo un apartado a analizar las diferencias de opinión entre el Ministerio responsable del medio ambiente y el resto de los Ministerios implicados en el grupo de trabajo, en lo que respecta al uso de papeles permanentes/papeles reciclados. Similar problema se pone de manifiesto en varios países, según reflejan las actas del C.N.C. ya citadas.

papel permanente debe ser selectivo, y habrá unos cuantos tipos de documentos que requieran este papel especial frente a otros en los que esté claramente indicado el papel reciclado.

La Comisión de las Comunidades Europeas ha dejado bien claro que "*el uso del papel permanente se ha visto como la medida preventiva más importante, a condición de que su coste sea más o menos similar a los tipos de papel no permanentes*"¹ y afortunadamente, hoy en día podemos afirmar que la producción de un papel permanente no tiene por qué ir reñida ni con unos costes razonables ni, por otro lado, con una política medioambiental sensata; ejemplo de ello es el camino tomado por Suecia en la adaptación de sus molinos papeleros.

El mayor escollo frente a la propagación del papel permanente es la ignorancia y la indiferencia. A este respecto es importante mencionar la información distribuida por la *European Foundation for Library Cooperation (EFLC)*, según la cual en un estudio realizado en 18 países europeos en Enero de 1994 encontraron que la mayoría de los editores, además de no emplear papeles permanentes, ignoraban la existencia de resoluciones y normas al respecto. A pesar de todo, el 64% de los que lo utilizaban consideraban que no les suponía un coste adicional y más de la mitad ni siquiera indicaban su empleo, prueba de que esta cualidad no era tenida muy en cuenta por los

¹ Nota Informativa 17 de Diciembre de 1991. C.N.C (1992), Anexo A, 101-107.

consumidores, aunque ésta era precisamente la causa por la que en principio muchos editores habían adoptado este tipo de papel ².

Para los *artistas*, la aparición de una normativa internacional sobre papel permanente resulta muy importante, pues sólo así podrán quedar "certificados" muchos de los papeles y cartones empleados por ellos. Algunas empresas papeleras ofrecen en sus muestrarios papeles "permanentes", "de archivo", "para conservación", "libres de ácido", "con reserva alcalina", etc., e incluso marcan en sus filigranas el símbolo de infinito. Esto es muy loable y nos ayuda en nuestras labores cotidianas, pero puede llevar a confusiones. La indicación de la marca ISO 9706 será una garantía de fiabilidad al respecto, ya que, como hemos podido comprobar, hay maneras muy diferentes de entender "la permanencia" de un papel.

Ante el problema de qué papel podemos usar hoy en día en la seguridad de que cumple los requisitos de permanencia adecuados, la EFLC editó en 1993 un **repertorio de papeles europeos libres de ácido y permanentes**² (Op cit), y ha anunciado una segunda edición para 1994. Entre las empresas mencionadas, que destacamos por su amplia difusión en nuestro país, están las españolas Miquel y Costas/Miquel S.A. y Torraspapel S.A., y la francesa Papeteries Canson & Montgolfier S.A.

Esperamos que a lo largo de este Capítulo haya quedado clara la importancia de la existencia de una normativa respecto a la permanencia del

¹ EFLC. Impreso divulgativo, *Pres release*, 18/1/1994.

² Referido principalmente a papeles para uso de archivo y biblioteca.

papel, y nos entristece pensar que en *España* los avances al respecto sean prácticamente nulos. Con la norma ISO 9706 el problema queda parcialmente solucionado, sólo falta esperar que los responsables gubernamentales establezcan las medidas necesarias para el empleo del papel permanente en los organismos de carácter público o, de lo contrario, que sean los mismos profesionales, conservadores, archiveros, bibliotecarios, editores, etc., los que vayan imponiendo este tipo de papel en el ámbito que de cada uno de ellos dependa.

El estudio de la conservación de los papeles que se emplean para realizar obras de arte supone un gran avance, en un campo en el que queda mucho por investigar y, ante todo, **difundir**. Quizás en un futuro no muy lejano, los artistas sean conscientes de la importancia del tema y demanden a los fabricantes de papel una calidad óptima y, del mismo modo, los coleccionistas puedan exigir la ejecución de las obras de arte con materiales que garanticen una mínima resistencia al paso del tiempo a la vez que ellos mismos propician su conservación al mantenerlas en un ambiente idóneo.

Queda claro que el problema de la conservación de la obra de arte sobre papel tampoco está completamente solucionado con el empleo de papel permanente; *es preciso actuar en tres ámbitos: el uso de papeles que cumplan con unos mínimos requisitos de estabilidad; la protección de aquellos que no los cumplen con métodos como la desacidificación, y el control de las condiciones medio-ambientales que propician el deterioro.*

PARTE TERCERA:
Comportamiento de los
papeles comercializados con
fines artísticos y propuesta
de estabilización



Lámina VII

1. JUSTIFICACIÓN DE CRITERIOS

En los capítulos anteriores hemos podido cerciorarnos de la gravedad de los problemas de conservación que pueden afectar a los papeles actuales, y cómo ésto redundaría negativamente en la obra de los artistas que confían en soportes poco duraderos. Muchas obras modernas están condenadas a una corta vida por la pérdida de propiedades tan importantes como la consistencia, a más de tener asegurada la desvirtualización de sus características estéticas iniciales, al quedar alteradas por el cambio de coloración de los soportes (amarilleamiento).

También se ha podido constatar la preocupación, a nivel internacional, por el problema de la estabilidad del papel, y cómo esto ha generado la aparición de diferentes normativas que indican las características que debe tener un papel denominado "a priori" como permanente.

El principal objetivo de esta investigación es, precisamente, estudiar la estabilidad de una selección de papeles habitualmente empleados por los artistas actuales; es decir, determinar su grado de adecuación a los requisitos de permanencia. Dada la existencia de una amplia normativa al respecto, lo ideal será atenernos a ella en lo que se refiere a este "control de calidad".

No obstante, es preciso hacer notar, tal y como se habrá podido constatar en el Capítulo III, el hecho de que todas las normas vigentes han sido concebidas en el ámbito de la "documentación gráfica", y por el momento no existe ninguna norma específica sobre papeles artísticos. Al tratarse de la

misma materia, la vulnerabilidad ante el paso del tiempo, tanto en papeles de uso documental como artístico, es la misma, pero la importancia de los factores degradantes varía sustancialmente por el hecho de que la función de cada soporte es distinta.

Mientras en la documentación gráfica prima la estabilidad ante factores que afecten a la manipulación (resistencia mecánica), en los papeles de uso artístico adquiere una gran peso todo lo que pueda alterar su apariencia externa, y distorsionar los valores estéticos de una obra (resistencia al amarilleamiento).

Como es de esperar, las normas sobre papel permanente para documentos inciden en las propiedades mecánicas y se desentienden, por considerarlo de escasa relevancia, de las propiedades ópticas. Ante esta carencia, podríamos establecer nosotros mismos lo que entendemos como requisitos de permanencia para un papel de uso artístico, y los métodos de análisis necesarios para su determinación. El peligro de esta decisión es que los estudios no serían extrapolables y quedarían circunscritos a una opinión personalizada. A pesar de todo, es lógico que existiendo una normativa al respecto, hagamos uso de ella, aunque adaptándola al máximo a nuestros objetivos.

Son muchos los trabajos de investigación que han tenido que llevarse a cabo antes de la emisión de cada una de las normas existentes y, lo que es más importante, todas ellas han sido sometidas a la aceptación previa de expertos

en la materia¹. Esta garantía avala su adecuación y acredita el entendimiento común entre todos aquellos que estén trabajando sobre un mismo tema.

En cualquier caso, la **reglamentación ideal** a seguir para el análisis de los papeles artísticos, debería cumplir dos condiciones:

- a) Tener la **mayor implantación** posible (por ejemplo, de ámbito internacional, como las normas ISO)
- b) Estar adecuada a la **permanencia de papeles de uso artístico**.

Por desgracia, carecemos de una norma que satisfaga completamente ambos aspectos, ésto es, una norma ISO sobre permanencia de papeles de uso artístico. Así, es necesario conocer todas las posibilidades que tienen conexión con el tema para elegir la opción más adecuada.

Si estudiamos el Cuadro 7 (pp. 376-380), donde se reflejan todas las normas vigentes sobre la permanencia del papel, encontraremos las siguientes alternativas:

- El proyecto de **ASTM Z08162**: Es un proyecto de norma estadounidense cuyo ámbito se refiere precisamente a los **papeles artísticos**. Ante la falta de una norma internacional, esta sería la normativa a seguir, pero se trata sólo de un proyecto, del que apenas se ha podido recabar una escasa información. No obstante, como guía orientativa, podemos observar cómo los

¹ Esto queda patente en las páginas introductorias de cualquiera de dichas normas, v.gr. el Prefacio de ANSI/NISO 239.98-1992 "Foreword", pp vii-xi.

requisitos sobre permanencia de papeles artísticos quedan referidos a los siguientes factores:

- acidez
- cambios en la resistencia mecánica
- blancura tras el envejecimiento artificial

- La norma ANSI/NISO Z39.48-1992: Es una norma estadounidense; se refiere a todo tipo de papeles (incluidos los artísticos), aunque no determina las características específicas según su uso final. Como medida de la permanencia (resistencia durante varios cientos de años) contempla:

- acidez
- reserva alcalina
- elementos oxidables
- resistencia al desgarro

Puede servirnos de guía, pues, aunque su ámbito no afecte a nuestro país, es la única norma vigente aplicable a papeles artísticos.

- La norma DIN 6738-1992: Es la norma alemana sobre "clases de vida del papel", su ámbito de acción, además de otros papeles y cartones, incluye a los papeles de dibujo, siempre que su peso se encuentre entre 40 y 400 gramos por metro cuadrado. Su campo de influencia es muy restringido e incluso está cuestionada por parte de los expertos alemanes. Es una norma muy compleja de seguir, por los costos técnicos que suponen las instalaciones y tiempos necesarios (medida de distintas propiedades de resistencia ante distintos tiempos de envejecimiento acelerado).

A pesar de todos estos puntos en contra, supone una visión muy interesante, pues pretende predecir diferentes duraciones de vida partiendo del envejecimiento artificial. Aunque quede descartada para nuestros propósitos, no debemos dejar de tenerla en cuenta, en lo que podamos adaptar de sus orientaciones.

Como factores de permanencia contempla la pérdida de propiedades mecánicas tras el envejecimiento acelerado en húmedo, referida a:

- resistencia a la tracción
- alargamiento
- resistencia al desgarro

- La norma ISO 9706-1994: Es la norma internacional a la que España se encuentra adherida. Se refiere a la permanencia de los papeles para documentos con peso comprendido entre los 25 y los 250 gramos por metro cuadrado. Los papeles de uso artístico no entran dentro de su campo de acción, e incluso se indica que "...algunos papeles para propósitos especiales pueden fallar en el cumplimiento de algún requisito aunque tengan un alto grado de permanencia. Esto puede ser el caso de algunos papeles fuertemente estucados, tales como papel de arte, y también algunos papeles usados por los artistas" (ISO, 1994,3).

Para la predicción de la permanencia (durante varios cientos de años) se basa en la medida de las mismas propiedades que la norma ANSI/NISO Z 39.48-1992 aunque con algunas variaciones respecto a los límites aceptados, el método de análisis y las unidades de medida.

Así, como requisitos de permanencia (esperanza de vida de varios cientos de años) incluye:

- acidez
- reserva alcalina
- elementos oxidables
- resistencia al desgarro

La norma ISO 9706 hace referencia al envejecimiento artificial, considera que en algunos casos puede ser de utilidad e indica para ello el envejecimiento con calor húmedo durante 24 días. Un papel permanente debería retener el 80% de sus propiedades de resistencia al desgarro después de someterse a este tipo de prueba.

Esta forma de análisis también puede servirnos como método para determinar la permanencia de nuestros papeles.

Respecto a las características ópticas, indica que si se considera necesario (en nuestro caso evidentemente sí), serán las partes interesadas las que delimiten los métodos de ensayo y el grado de retención de las propiedades tras el envejecimiento artificial.

Vistos estos antecedentes, hemos concluido que nos interesa determinar la permanencia de nuestros papeles en función de la norma ANSI/NISO Z39.48, por referirse a papeles artísticos, y según ISO 9706, por ser de

ámbito internacional; en este último caso debemos tener en cuenta las **indicaciones respecto al envejecimiento acelerado**, para ver si el cumplimiento de las propiedades de permanencia de la norma implica realmente las predicciones de retención de la resistencia mecánica. Al considerarlo de suma importancia, añadiríamos en este caso, **según indicación de ASTM Z08162**, única referencia específica a papeles artísticos, la **retención de propiedades ópticas**, como uno más de los requisitos a estudiar.

Ya que tenemos que realizar el envejecimiento artificial, también podemos **adaptar la norma DIN** respecto a las clases de duración de vida, aunque estudiando solamente el comportamiento de las **propiedades de desgarró ante el envejecimiento durante 24 días¹**.

El gramaje de los papeles que componen la muestra de estudio varía entre 25 y 350 g/m², por lo que alguno de ellos no queda contemplado en la norma ISO (los papeles de más de 225 g/m²), o DIN (los de menos de 40 g/m²), ambas dirigidas a documentos y no a obras de arte. Como en un papel de uso artístico no existen límites de adecuación al gramaje, este aspecto no se ha tenido en cuenta y las normas se han hecho extensibles a todo tipo de papel.

¹ Recordamos que según la norma DIN también se deben determinar las propiedades de tracción y alargamiento, durante 6, 12 y 24 días.

A tenor de lo expuesto, los papeles se analizarán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1) Permanencia según ISO 9706:

- Elementos oxidables: índice Kappa > 5
- Medición de la acidez por extracción acuosa en frío: pH 7,5 - 10
- Resistencia al desgarro según método Elmendorf, en función del gramaje

2) Permanencia según recomendaciones de ISO 9706 y Proyecto ASTM Z 08162:

- Retención del 80% de resistencia al desgarro tras envejecimiento acelerado a 80°C y 60% H.R. durante 24 días
- Estudio de la retención del porcentaje de blancura en circunstancias idénticas.

3) Permanencia según ANSI/NISO Z39.48:

- Elementos oxidables: índice Kappa > 7
- Medición de la acidez interior por contacto: pH entre 7,5 y 10
- Índice de resistencia al desgarro según método Elmendorf

4) Adaptación de "Clases de duración de vida" según DIN 6738:

- Resistencia al desgarro tras envejecimiento acelerado a 80°C y 60%

H.R. durante 24 días¹:

$$\text{Duración de vida} = \frac{(\text{Resistencia tras envejecimiento} - 50)}{(\text{Resistencia inicial} - 50)}$$

Mediante la realización de todos estos análisis lograremos determinar qué papeles pueden ser considerados permanentes según qué normas; pero ello, a la vez que nos permite establecer las cualidades de los soportes de la muestra, también servirá para apreciar, de modo indirecto, las normas empleadas, según la concordancia de resultados y la facilidad de aplicación. Así, con este estudio podremos observar si algunas de las normas existentes se adecuan a la determinación de permanencia para papeles artísticos o si, por el contrario, es necesaria la creación de una normativa específica.

¹ Hacemos notar el parecido de esta fórmula con el sistema propuesta por el *Centro di Fotoriproduzione Legatoria e Restauro* de Roma, para evaluar la retención de las propiedades del papel tras su envejecimiento artificial:

$$RC = \frac{RP - LV}{OP}$$

Donde RC=Coeficiente de retención, RP=Propiedades retenidas tras el envejecimiento, LV=Valor límite, OP=Propiedades originales (Calabro *et al.*, 1992, 48).

2. HIPOTESIS DE PARTIDA

Como consideraciones e hipótesis de partida, según la información vertida en las diferentes normas en estudio, podemos esperar que:

1) Ya que, tanto la norma ANSI/NISO Z 39.48 como ISO 9706, predican idénticos niveles de permanencia (varios cientos de años), es de esperar que los resultados sean similares tanto en una como en otra. Por tanto:

$$\textit{Papeles permanentes según ISO} = \textit{Papeles permanentes según ANSI/NISO}$$

2) El cumplimiento de la norma ISO implica que, tras el envejecimiento artificial, el papel no pierda más del 20% de la resistencia al desgarro inicial. Es decir

$$\textit{Retención mínima de resistencia al desgarro en papeles permanentes según ISO} = 80\%.$$

3) Puede haber papeles que cumplan los requisitos de resistencia al envejecimiento acelerado e incumplan algún punto de la norma ISO¹, en este caso podrían considerarse como permanentes si no contienen lignina².

4) Los papeles que cumplan los requisitos de ISO y ANSI/NISO conseguirán una esperanza de vida, según adaptación de DIN, de al menos 100 años³

5) A mayor cumplimiento de los requisitos de ISO y ANSI/NISO:

- Menor pérdida de resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado
- Menor pérdida de blancura tras los ensayos de envejecimiento acelerado

¹ Según la norma ISO 9706 (p 3) "...Some papers for specialized purposes may fail to fulfil all the requirements although they have a high degree of permanence. This may be the case for ...such as art paper, and also for some papers used by artist." Esto es, que algunos papeles para propósitos especiales, como papeles de arte y otros empleados por los artistas, pueden no cumplir la totalidad de los requisitos, aunque tengan un alto grado de permanencia.

² Según ISO 9706 (p 6) "Many papers wich passed the accelerated ageing test contained substantial proportions of mechanical pulp of different kinds...In spite of that, such pulps have not been considered to be currently suitable for papers specified by this International Standard due to the lack of scientific certitude....", es decir, que algunos papeles que pasan la prueba de envejecimiento acelerado contienen una proporción sustancial de pulpa mecánica de diferentes clases; no obstante, tales pulpas no son consideradas, por esta Norma internacional, apropiadas para papeles específicos, debido a la falta de seguridad científica.

³ Una esperanza de vida mínima de 100 años se corresponde con un "factor de duración de vida" (*Lebensdauerfaktor*) $\geq 0,80$.

6) A mayor esperanza de vida según DIN (menor pérdida de resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado):

- *Menor pérdida de blancura tras los ensayos de envejecimiento acelerado*

En suma:

A) Los papeles mejores, desde el punto de vista de la permanencia, serán aquellos que, cumpliendo los requisitos de ANSI/NISO, ISO, y envejecimiento artificial, tengan la menor pérdida de blancura tras el envejecimiento.

B) Los papeles podrán ser ordenados en función de una hipotética duración de vida según DIN, y este orden se corresponderá con el grado de cumplimiento de los requisitos de permanencia del resto de las normas.

En síntesis, si sometemos la muestra al análisis de todas las características reseñadas lograremos determinar la permanencia de los papeles según normas ISO y ANSI/NISO y establecer una duración de vida hipotética para cada papel basada en la norma DIN, además de estudiar la relación de las diferentes normas en función de la similitud de sus resultados.

Queda claro que el estudio de la permanencia que nos permite la normativa en vigor **sólo hace referencia al comportamiento de la obra en ambientes no hostiles**, con ausencia de iluminación. En nuestro caso esto queda limitado al almacenamiento, pues para poder determinar cómo se comportarían los papeles durante su exposición, tendríamos que haber realizado pruebas de envejecimiento acelerado que contemplaran, además de la temperatura y humedad, otras variables como la luz y la contaminación. De todos modos, será mas probable que una obra artística se mantenga adecuadamente durante su exhibición, si el papel que la constituye ha obtenido resultados positivos en las pruebas de laboratorio sobre permanencia.

La influencia de la contaminación y la luz, que hasta ahora no ha sido contemplada en ningún tipo de norma sobre la permanencia del papel, está siendo investigada por ASTM (Capítulo III, 2.2.1.1.) con vistas a la elaboración de una normativa más completa. Es un camino abierto a investigaciones complementarias.

3.1. DETERMINACION DE LA MUESTRA

Como en todo estudio de carácter experimental, y una vez sentadas las hipótesis de partida, nos enfrentamos a un reto de suma relevancia: la determinación del soporte material del análisis; esto es, la elección de aquellos papeles sobre los cuales se realizarán los ensayos.

En este sentido, el criterio de elección de los materiales de trabajo deberá estar orientado por los objetivos generales de la investigación. Si reflexionamos en torno al porqué queremos determinar el grado de permanencia de los papeles empleados actualmente por los artistas, responderemos que no sólo pretendemos **orientar** al artista sobre la importancia de la correcta selección del soporte de su obra sino además **esbozar una guía** sobre la mayor o menor adecuación de determinados papeles según criterios de permanencia.

Como es lógico, no podemos pretender que nuestra base de investigación la constituyan "todos" los papeles susceptibles de ser utilizados en las técnicas artísticas, por tanto resulta imprescindible la elaboración de la "muestra". La definición de esta muestra debe pasar por unos criterios de elección que nos permita acercarnos lo más posible a cierto grado de **representatividad**, de

forma que podamos entender que las conclusiones elaboradas a partir de estos materiales resultarán más o menos extrapolables a un conjunto de soportes de características similares.

Evidentemente, a mayor número y variedad de papeles seleccionados, más probable será encontrar entre ellos aquel empleado por una determinada persona, o en su defecto, si el demandado no resulta permanente, otro de características plásticas similares. Por esta razón se ha elegido una serie de papeles suficientemente amplia, de la que nos consta su alto índice de utilización, avalado por su extendida comercialización; con esta muestra pretendemos elaborar unas conclusiones de viabilidad práctica.

La intención es que el artista pueda encontrar entre los papeles analizados alguno de los materiales que usa o ha usado y, en todo caso, a results de este estudio, pueda elegir, entre una gama variada, el soporte con características de permanencia que se adecue a sus preferencias técnicas.

Respecto al tamaño de la muestra, ya hemos visto que lo ideal sería el máximo racionalmente abarcable. En este caso se ha considerado que una cifra próxima al medio centenar de papeles es lo suficientemente elevada, y corresponde al límite de las posibilidades de la investigación para abordar todos los análisis necesarios, considerando unos medios técnicos determinados. Es

más, un límite cercano a 50 es el número máximo de lotes que pueden ser introducidos en la cámara de envejecimiento de la que se ha podido disponer.

Otro punto importante a tener en cuenta es el referente, no ya a la selección de número y tipos de papel, sino a la **toma de muestras** de cada uno de los papeles elegidos. Es una circunstancia conocida dentro de la industria papelera que los papeles varían ligeramente sus características en cada tirada; de hecho es imposible mantener constantes todas las variables que influyen en la fabricación de un papel, de manera que una bobina sea exactamente igual a otra, o que sean idénticos los papeles obtenidos de distintas partes de la misma, o incluso dentro del mismo pliego de papel (Smook, 1970, 317-318).

De hecho, cuando se aborda el análisis de cualquier característica, química o física, para determinar la calidad de un papel, hay que partir del hecho de que la muestra tomada es representativa de un lote (Browning, 1977, 36-38). A estos efectos, el método a seguir sería el reflejado en la norma internacional ISO 186-1985 *"Paper and board - Sampling to determine average quality"*, equivalente a la española UNE 57-002-88 "Papel y cartón. Toma de muestra de un lote para determinar la calidad media".

En términos generales, no se puede tomar una muestra representativa de un tipo de papel determinado; en todo caso podría hacerse, por ejemplo, de la producción anual de ese papel, si se tomaran lotes representativos de cada

una de las bobinas fabricadas en ese período de tiempo, pero lo común es hacerlo de una bobina, un fardo, el contenido de un embalaje, etc. (Navarro, 1972, 25-27).

En este estudio, para la selección de papeles, se adopta también la norma ISO 186-1985 (UNE 57-002-88), entendiendo en tal caso que el material suministrado aleatoriamente en el comercio en el momento de solicitar un determinado tipo de papel, constituye por sí mismo un lote lo suficientemente representativo.

Para llevar a cabo la selección de la muestra de papeles a analizar, se recurrió a una conocida papelería madrileña especializada en la venta de papeles para uso artístico. Se solicitaron todos los papeles de color blanco en stock, empleados habitualmente para estampación, pintura y dibujo. Mediante este sistema se recabó el grueso de la muestra (40 tipos de papel), tras desestimar aquellos papeles idénticos en composición y que diferían sólo en propiedades externas, como gramaje o acabado final (lisura).

A este conjunto de papeles seleccionados se añadieron otros 8 que se consideraron de interés, por diferentes circunstancias, y que se obtuvieron de otra prestigiosa papelería técnica y de una firma dedicada a la venta de papeles artísticos, de fabricación propia y de importación.

Para no quedar circunscritos al área madrileña, y conscientes de la importancia que está tomando entre relevantes artistas el consumo de **papel elaborado a mano**, se recabó información entre una decena de fabricantes de este tipo de papel. Cinco de ellos respondieron a la consulta sobre las materias primas que componían sus papeles, por lo que también fue incluido un tipo de papel de los **manufacturados** por cada uno de ellos.

Una última muestra de papel procede de una casa de productos químicos. Es un **papel empleado para análisis químicos** cuya composición es exclusivamente de fibras de algodón, por lo que nos puede servir como muestra patrón para realizar comparaciones futuras.

En resumen, se han seleccionado un total de 55 tipos de papel, obteniéndose de cada uno de ellos una cantidad aproximada a 40 hojas, tamaño DIN A 3. La **forma de recopilación**, como ya quedó indicada, ha sido aceptar los pliegos que se han suministrado "aleatoriamente" en el momento de la compra en cada establecimiento.

Si tenemos en cuenta que este grupo de papeles queda ampliado con aquellos de similares características pero distinto acabado y gramaje, por lo tanto propios para diferentes técnicas artísticas, podemos considerar que la muestra seleccionada es lo suficientemente amplia como para satisfacer nuestros propósitos.

Cuadro 8 - Repertorio de los papeles muestra

1: Dibujo Lápiz; Guarro	29: Arches 88; Canson
2: "C" A Grain; Canson	30: Polyéster; Guarro
3: Ingres Edición; Hannemuelle	31: Vegetal; Guarro
4: Ingres Bugra; Hannemuelle	32: Universal; Guarro
5: Ingres Fabriano	33: Basik; Guarro
6: Ingres Guarro	34: Marca Mayor; Guarro
7: Torreón Guarro	35: Cartulina superior; Guarro
8: Mi-Teintes; Canson	36: Ecológico sin ácido
9: Meirat Velázquez	37: Whatman Acuarela
10: Acuarela Profesional; Guarro	38: Diamante
11: Acuarela Disegno 5; Fabriano	39: Van Ginkel Dibujo
12: Acuarela Montval; Canson	40: Van Ginkel Lito
13: Acuarela Superior; Guarro	41: Dosabiki Masashi; Canson
14: Acuarela Arches; Canson	42: Misumi Blanc; Canson
15: Acuarela Winsor and Newton	43: Arakaji Natural; Canson
16: Fabriano Artístico	44: India. Jute grueso
17: Papel a mano "L.R."	45: Vellum
18: Caballo 109-A	46: Kraft
19: Geler Satinado; Guarro	47: Reciclado Dibujo; Tomás Redondo
20: Shoeller Durex	48: Reciclado Art-Pal
21: Parole Satinado; Zanders	49: Poliart; Tomás Redondo
22: Creysse; Guarro	50: Barrera; Canson
23: Biblos; Guarro	51: Paperki
24: Super Alfa; Guarro	52: Eskulan
25: Michel	53: Capellades
26: Velin Cuve BFK Rives; Canson	54: Segundo Santos
27: Velin Johannot; Arches	0 : Waktman Análisis.
28: Velin Arches; Canson	

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAPELES DE LA MUESTRA

Como guía de referencia se ha elaborado un muestrario compuesto por una ficha de cada uno de papeles que componen la muestra analizada, con las características técnicas que aparecen en los catálogos de fabricantes y distribuidores (véase muestrario en Tomo anexo).

Junto al número asignado, nombre y fabricante de cada papel, aparece la técnica artística para la que ha sido principalmente concebido y otras técnicas a las que puede adecuarse. El segundo grupo de datos está referido a las propiedades superficiales o externas: si el papel es continuo o artesanal, si tiene o no barbas, filigrana o verjura, el gramaje, grano y color. Se indican además otros gramajes, granos y colores en los que puede conseguirse el mismo tipo de papel.

El siguiente apartado indica, cuando las hay, las propiedades anunciadas por el fabricante que influyen en la permanencia, así como otros datos de fabricación que pueden ser tenidos en cuenta por el usuario.

Estos datos se completan con muestras de cada papel y los resultados de los análisis de permanencia.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Recordemos cómo tras el estudio de las diferentes normas existentes relativas a la determinación de papeles permanentes, y partiendo principalmente de las normas ISO 9706-1994 "*Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence*" y ANSI/NISO Z39.48-1992 "*Permanence of paper for publications and documents in libraries and archives*", se decidió seleccionar y realizar los siguientes ensayos para la determinación de la permanencia de los papeles que componen la muestra de estudio:

A) Ensayos químicos (muestras sin envejecer):

1. Acidez:
 - a. Determinación del pH de extractos acuosos en frío, según ISO 6588-1981 (UNE 57-032-91)
 - b. Determinación del pH por contacto (lápiz indicador), según ANSI/NISO
2. Reserva alcalina:
 - a. Determinación del contenido de carbonato cálcico en el papel, según ASTM D 4988-89.
3. Elementos oxidables:
 - a. Determinación del número Kappa, según ISO 302-1981 (UNE 57-034-91)

B) Envejecimiento acelerado:

- a. Calor húmedo (V.A.H.): Envejecimiento acelerado durante 24 días a 65% H.R. y 80°C, según ISO 5630/3-1985 (UNE 57-092-91/4).

C) Ensayos físicos (Muestras envejecidas y sin envejecer):

1. Resistencia: Resistencia al desgarro en ambas direcciones de fibra, según ISO 1974-1990:
 - a. Determinación de la resistencia al desgarro
 - b. Determinación del índice de resistencia al desgarro
 - c. Determinación de la retención de resistencia al desgarro
2. Propiedades ópticas: Factor de reflectancia en el azul (grado de blancura), según UNE 57-062-72:
 - a. Determinación del grado de blancura.
 - b. Determinación de la reversión de blancura.

Para llevar a cabo todos los ensayos previstos, ha sido necesario determinar previamente el gramaje y peso en seco de cada uno de los papeles, tras su acondicionamiento en atmósfera controlada.

La mayoría de los resultados aparecen en los gráficos correspondientes a cada apartado, en las fichas individuales de cada papel (Anexo) y en la tabla sobre parámetros de permanencia (Tabla Comparativa A).

4.1 FASE PRELIMINAR: ENSAYOS PREPARATORIOS

4.1.1. Acondicionamiento de muestras (ISO 187)

El peso y la resistencia del papel varían considerablemente en función de la humedad que absorbe del ambiente, por esto es muy importante, si se pretende efectuar medidas fiables, mantener las muestras en ambiente **normalizado**, mediante el control de temperatura y humedad (Navarro, 1972, 43).

El método a seguir para el acondicionamiento de muestras ha sido el descrito en la norma ISO 187: 1990 "*Paper and board - Conditioning of samples*", que se corresponde totalmente con la norma UNE 57-001-86 "**Papel y cartón. Acondicionamiento de muestras**", empleando las condiciones descritas como preferentes (Atmósfera n°1)¹, es decir:

- temperatura de 23°C (con variaciones máximas de un grado)
- humedad relativa de 50% (con variaciones máximas de un 2%)

Tanto el acondicionamiento, como los ensayos de resistencia mecánica y la pesada de probetas necesarias para los análisis químicos y determinación del gramaje, han sido realizados en el Departamento de Celulosas del Area de Industrias Forestales del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INIA), en habitación climatizada según las condiciones anteriormente descritas.

¹ Por el volumen del total de las muestras no ha sido posible acondicionarlas manteniendo una circulación de aire entre cada una de ellas, por lo que el tiempo de aclimatación estimado ha sido siempre superior a las 24 horas.

4.1.2. Determinación del Gramaje (ISO 536)

Antes de iniciar los ensayos de resistencia mecánica es necesario obtener el **gramaje** de cada uno de los tipos de papel (masa, o peso por metro cuadrado, en gramos). Esto nos permitirá determinar, por una parte, si el papel analizado se encuentra en los límites de peso establecidos en cada norma (entre 25 y 225 según ISO 9706), y por otra, el grado de adecuación a los requisitos de permanencia, ya que el cálculo del índice de desgarró, necesario según ANSI/NISO Z39.48, y de la resistencia mínima al desgarró, según ISO 9706, se establece en función del gramaje.

El método seguido para este ensayo ha sido el descrito en la norma ISO 536:1976 *"Paper and board - Determination of grammage"*, equivalente a UNE 57-014-74 "Papel y cartón. Determinación del gramaje".

Según las cantidades de papel disponibles, la determinación del gramaje de cada tipo de papel se realizó a partir de la pesada de un mínimo de 10 hojas de unos 500 cm² cada una. En el caso de los papeles fabricados a mano, se efectuaron varias mediciones pues en algunos se evidenciaban diferencias considerables de grosor entre las diferentes hojas.

Para el cálculo del gramaje se aplicó la fórmula

$$G = 10.000 \frac{m}{A}$$

donde:

m = Masa de la probeta en gramos

A = Superficie de la probeta en cm²

G = Gramaje en g/m²

Los instrumentos empleados para este ensayo han sido una cizalla de mesa, regla de acero con precisión de 0.5 milímetros y balanza Sauter K 1200.

Los resultados obtenidos, en términos de gramaje (g/m^2) aparecen en el Gráfico n° 1, ordenado en función de los papeles, y en el n° 2, que contiene los gramajes en orden descendente.

Como podemos observar:

- los límites de los papeles analizados están entre 25 y 365 g/m^2
- de ellos, 22 sobrepasan el máximo establecido para la aplicación de la norma ISO que, como indica en su página primera, no es aplicable a **cartones** (más de 225 g/m^2 , según ISO 4046: 1978 "*Paper, board, pulp and related terms - Vocabulary*")¹.

Como ya adelantamos, la norma ISO, al ir dirigida a papeles de escritura, no contempla este tipo de soportes. En los análisis posteriores hemos prescindido de las limitaciones sobre gramaje, pues éste no afecta a los resultados químicos y físicos necesarios para determinar la permanencia de los papeles artísticos; de lo contrario se hubiera limitado excesivamente el muestrario.

¹ Debido a las características de los papeles de uso artístico, sobre todo en el caso de los dedicados a la técnica de acuarela y a la estampación, es común encontrarnos con gramajes propios de lo que se denomina técnicamente como **cartulina** (papel grueso: de 150 a 250 g/m^2) o **cartoncillo** (cartón delgado: de 250 a 450 ó 650 g/m^2) (Navarro, 1973, 26). En nuestro caso, de los 22 papeles anteriormente citados, 9 se dirigen prioritariamente a diferentes técnicas de estampación, 3 son para dibujo, y los 10 restantes están indicados para técnicas de aguada, de éstos, 7 son específicos de acuarela.

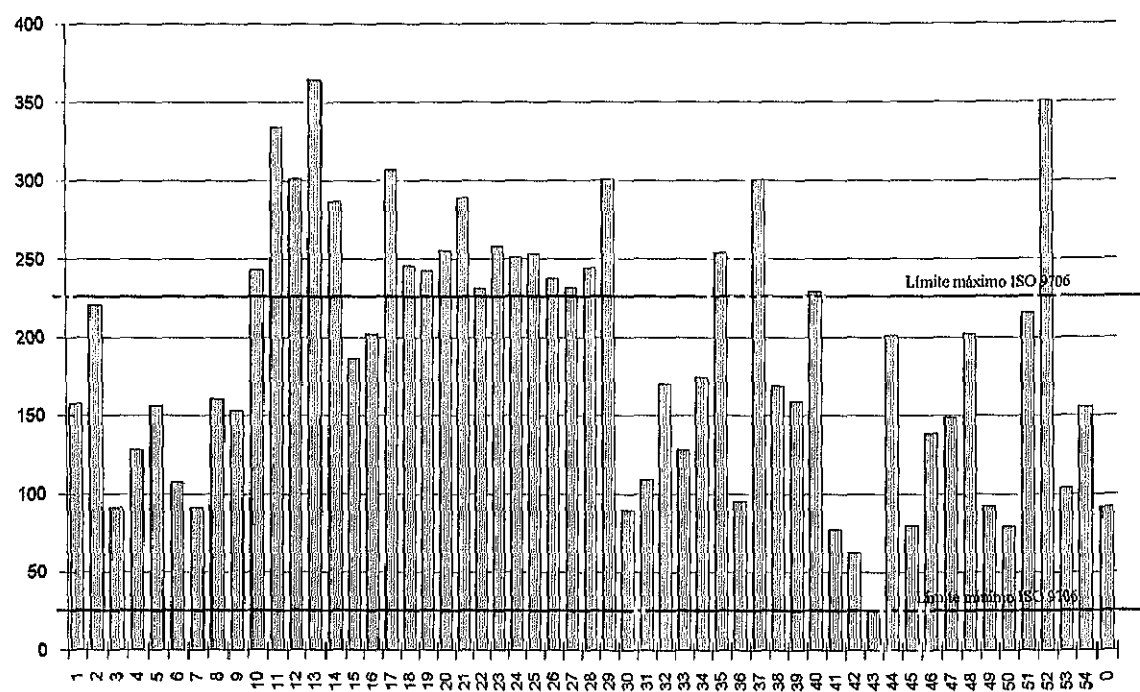


GRAFICO 1 - Gramaje (g/m²) de las muestras

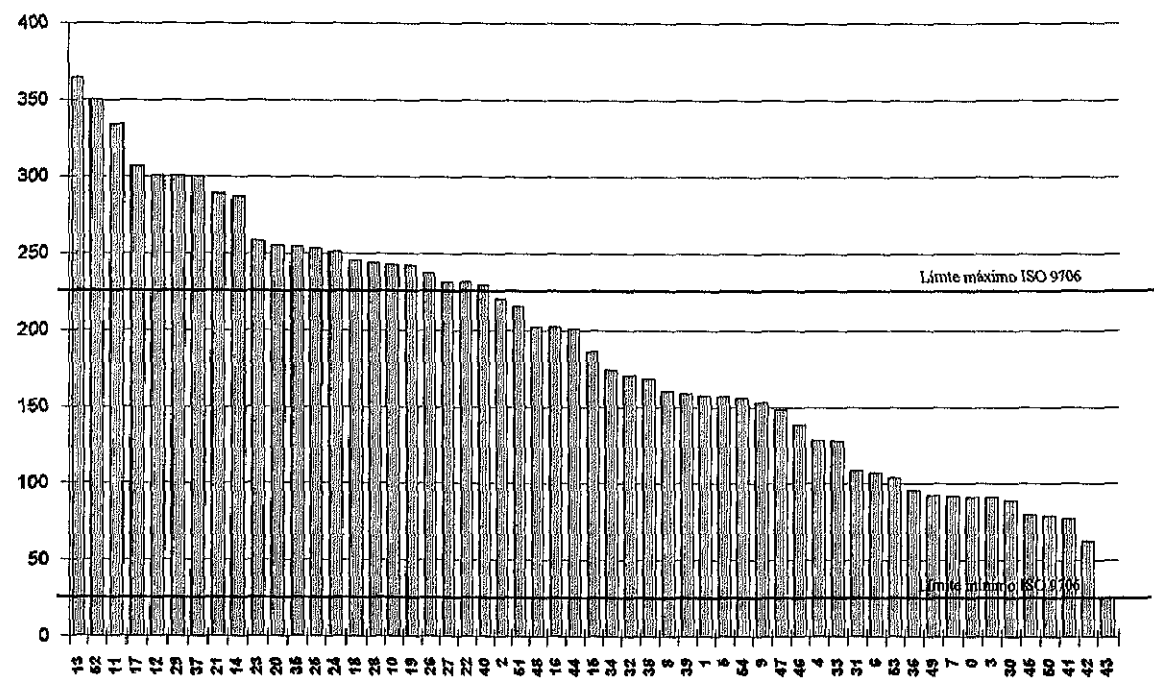


GRAFICO 2 - Muestras ordenadas según gramaje, en orden descendente (g/m²)

Respecto a los papeles fabricados a mano, destacan las grandes diferencias de peso que se encontraron en la mayoría de ellos, al repetir las determinaciones; este aspecto será muy importante a la hora de efectuar comparaciones de resistencia al desgarro, influidas por este factor. Si tenemos en cuenta que la tolerancia admisible de variaciones de gramaje para un mismo papel, según UNE 57-009-70 "Papel y cartón. Gramajes", es de un 4% para pesos comprendidos entre 40 y 224 g/m², y de un 8% para papeles con un peso superior, en nuestros papeles a mano nos encontramos con variaciones óptimas (nº 52), pero también con diferencias respecto al límite establecido superiores al 25% (nº9). Los resultados, en función del gramaje medio de cada papel, son los siguientes:

NUMERO	9	17	44	48	51	52	53	54
% VARIACION	29,5	10	6	21	17,5	3,3	5,5	8
TOLERANCIA UNE	4	8	4	4	4	8	4	4
DIFERENCIA (%)	26,5	2	2	17	13,5	-	1,5	4

Tabla 1: Variaciones de gramaje en papeles fabricados "a mano"

Las grandes diferencias apreciadas en muchos de ellos no son un factor que influye en la permanencia, pero suponen una irregularidad frente al consumidor, y pueden convertirse en una importante fuente de error a la hora de determinar la resistencia física.

4.1.3. Determinación del contenido de humedad (ISO 287)

El peso del papel varía en función del agua absorbida del ambiente, por lo que, para obtener una mayor precisión, la mayoría de los análisis químicos emplean como medida de la masa de las probetas el **peso en seco**, entendiendo por tal la diferencia entre el peso del papel en ambiente normalizado y su contenido de humedad.

Para la determinación del contenido de humedad se han desecado las muestras de papel en estufa a 105°C (con variación no mayor a 2°C), según la norma ISO 287-1978 *"Paper and board - Determination of moisture content - Oven-drying method"*, equivalente a UNE 57-005-90 *"Papel y cartón. Determinación del contenido de humedad. Método de secado en estufa"*.



Fig. 63 - Estufa con probetas en pesasustancias

ABRIR CONTINUACIÓN PARTE TERCERA





ABRIR PARTE TERCERA

Dependiendo de las cantidades de papel disponibles, la masa de las probetas empleadas para la determinación del contenido de humedad variaba entre 10 y 20 gramos, por lo que se ha empleado una balanza de 0.001 gramos de precisión (puntos 6.1 y 9.1.1. b de la norma UNE 57-005).

Las probetas de papel se introdujeron en pesasustancias de vidrio, previamente desecados y pesados, que se alojaron en la estufa de desecación con la tapa abierta, manteniéndose en ella durante 24 horas a 105°C. Las muestras de "papel sintético" (números 30 y 49) se mantuvieron en la estufa durante unas dos horas, periodo de tiempo tras el que se comprobó que su masa era constante.

Pasado el tiempo establecido, se cerraron los recipientes, se extrajeron de la estufa y se situaron en un desecador cerrado hasta la estabilización de la temperatura. Una vez enfriadas las probetas, se pesaron, junto con los recipientes, con una precisión de 0.001 gramos.

Restando el peso de los recipientes, se obtiene la masa de las probetas antes y después de su desecación. El contenido de materia seca se calcula en términos de porcentaje, mediante la división entre la masa de las probetas desecadas (m_2) y sin desecar (m_1):

$$\text{Materia seca} = 100 \frac{m_1}{m_2}$$

Se realizaron dos determinaciones para cada tipo de papel, por lo que los resultados corresponden a la media de ambas. Los datos se expresan mediante el porcentaje del contenido de la materia seca, con una aproximación del 0.1% (una cifra decimal).

Los instrumentos empleados para este ensayo han sido una estufa "P-Selecta", con termómetro interior incorporado, una báscula "Sartorius Research" R 300 S de 0.001 gramos de precisión, y desecadores de vidrio con cloruro cálcico.



Fig. 64 - Desecador y báscula con probetas en pesasustancias

Los resultados oscilan aproximadamente entre el 93% y el 96% de contenido de materia seca en atmósfera normalizada, con la excepción de los "papeles sintéticos", que se acercan al 99%. Los valores individuales aparecen reflejados en la ficha de cada papel (Anexo); suponen un dato secundario que sólo se tiene en cuenta en el momento de efectuar las pesadas para los análisis químicos.

4.2. ANALISIS QUIMICOS

4.2.1. Determinación de la acidez

La acidez es una de las causas más importantes del deterioro de los papeles, tanto que existen normas que se basan casi exclusivamente en la determinación de la acidez para predecir la permanencia (por ejemplo ASTM D-3290).

Una sustancia ácida se caracteriza, entre otras cosas, por contener hidrógeno y, por tanto, dar lugar a iones hidrógeno positivos (H^+) al disolverse en agua; así, la acidez puede determinarse mediante la medición del pH, es decir, la concentración de iones hidrógeno¹. En este caso se puede establecer una escala desde pH -1 (máxima acidez: concentración de iones hidrógeno equivalente a 10^1 moles/litro) a pH 15 (máxima alcalinidad: concentración de iones hidrógeno equivalente a 10^{-15} moles/litro), pasando por pH 7, considerado como neutro (igual cantidad de iones hidrógeno e hidróxilo) (Esteban y Navarro, 1988, Tomo II, 15-68).

Uno de los métodos más fiables para la determinación del pH es la medición de la conductividad que se genera en presencia de humedad por el hecho de que los iones hidrógeno (acidez) tienen carga positiva y los grupos hidróxilos (alcalinidad) negativa. Esto es lo que se logra mediante el pH-metro, aparato que consta de un electrodo capaz de medir dicha corriente eléctrica.

¹ La definición clásica de ácido es la de Arrhenius, según la cual "ácido es toda sustancia que contiene hidrógeno, y que en disolución acuosa se ioniza, dando lugar a un ión hidrógeno, H^+ . Base es toda sustancia que en disolución acuosa se ioniza dando lugar a iones hidróxido, OH^- " (Esteban y Navarro, 1988, Tomo II, 18).

La medición del pH de un papel se puede realizar directamente en la superficie, al aplicar el electrodo sobre una zona humedecida (pH por contacto), o mediante métodos de extracción, en los que una cantidad determinada de la muestra se deja reposar en agua fría (extracción acuosa en frío) o se hierve (extracción acuosa en caliente).

Otros métodos más rápidos pero menos exactos son los que obtienen la determinación a partir de reactivos que cambian de color en función de la acidez. (Browning, 1977, 169-177).

Según la norma ISO 9706, el ensayo más adecuado para determinar el pH de un papel es mediante su extracción acuosa en frío; según ANSI/NISO Z39.48, son los métodos por contacto aplicados en la zona interna de la muestra.

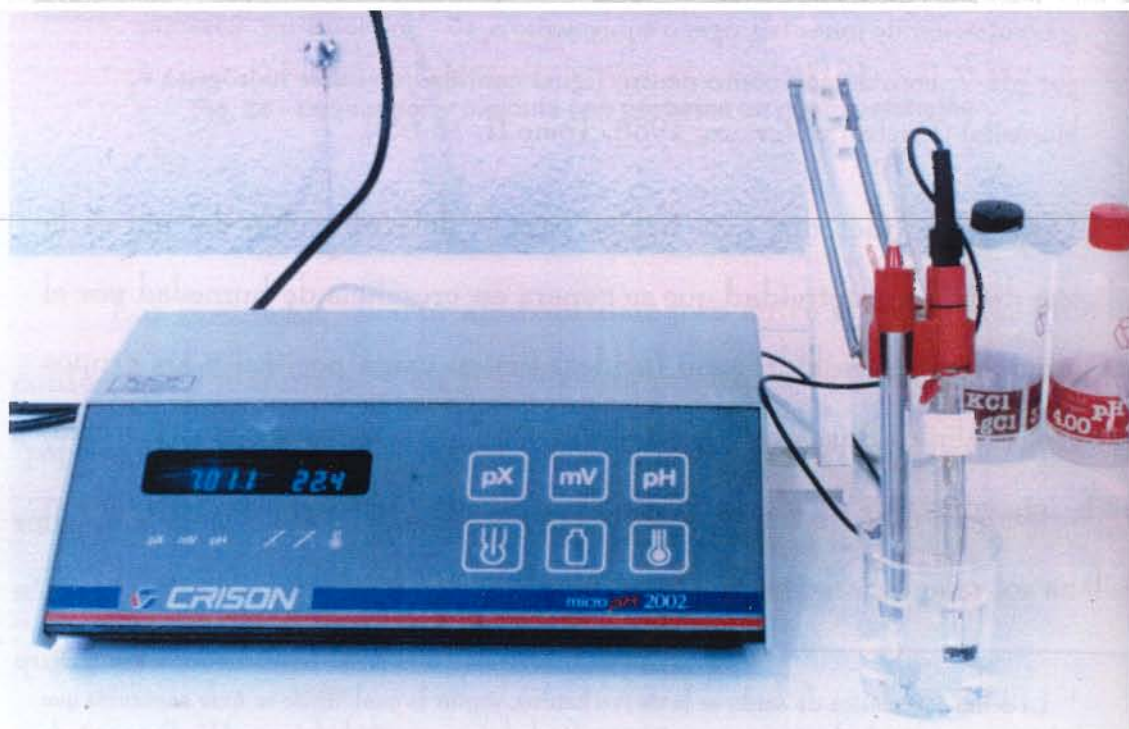


Fig. 65 - Modelo de pH-metro

4.2.1.1. Extracción acuosa en frío (ISO 6588)

Para la determinación del pH de extractos acuosos, se ha seguido la norma ISO 6588:1981 "*Paper, board and pulps - Determination of pH of aqueous extracts*", equivalente a UNE 57-032-91 "Pastas, papel y cartón. Determinación del pH de extractos acuosos".

Siguiendo la norma ISO, se han troceado, por duplicado, dos gramos de peso en seco de cada muestra, introduciéndolos en un matraz y vertiendo sobre ellos 100 ml de agua destilada. Se agita el matraz al menos una vez y se mantiene entre 20 y 25°C, durante al menos una hora. Transcurrido este tiempo se decanta el extracto en otro recipiente donde se introduce el electrodo de un pH-metro y se efectúa la medición. Se realizan dos determinaciones por muestra, no debiendo existir entre ellas una diferencia mayor de 0.2 unidades, y se calcula la media expresando el pH con una aproximación de 0.1 unidades.

Para la realización de este ensayo los instrumentos utilizados han sido un destilador de agua Hermi y un pH-metro (micro pH 2002) Crison, con sistema autocalibrante y compensación automática de temperatura; sistema de referencia Ag/AgCl, electrolito de referencia KCl 3M + AgCl, y electrodo de disolución calibrado con disoluciones buffer de pH 7.02 y 4.00.

Los resultados de este análisis aparecen en los Gráficos nº 3 (ordenados según tipo de papel) y nº 4 (ordenados según acidez ascendente), junto con el rango de adecuación a la norma ISO 9706 (pH entre 7,5 y 10).

Las puntuaciones correspondientes se pueden encontrar en la Tabla Comparativa A.

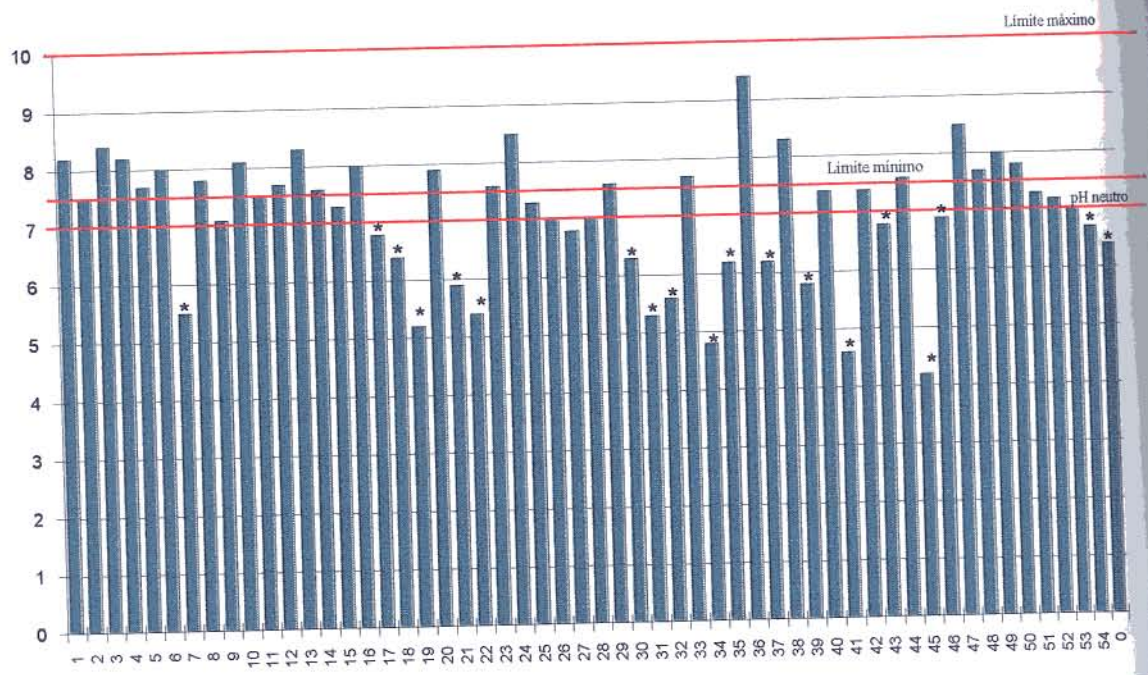


Gráfico 3 - Acidez de las muestras (pH) según extracción acuosa en frío
(*) Papeles ácidos según medida interna por contacto

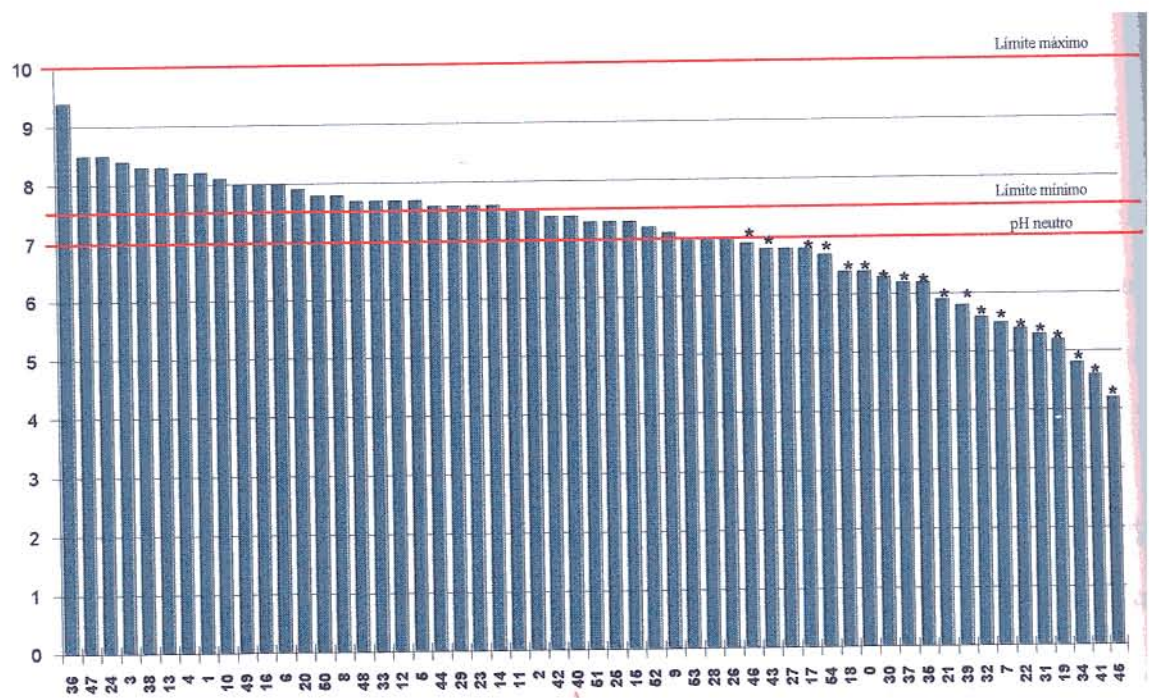


Gráfico 4 - pH según extracción acuosa en frío en orden descendente
(*) Papeles ácidos según medida interna por contacto

Según podemos observar:

- El pH de los papeles analizados varía entre 4,2 y 9,4
- Ningún papel excede de los límites establecidos
- 30 de ellos no llegan a alcanzarlos
- **más del 50% carecen de un nivel de alcalinidad óptimo**

Estos mismos resultados, tomados desde un punto de vista estricto, pueden verse modificados si atendemos a un **criterio más laxo**, ya que el pH de cinco de los 30 papeles considerados inadecuados se sitúa a no más de dos décimas de 7,5 (7,3-7,4), margen muy escaso si pensamos que esta misma cantidad es el máximo permitido para efectuar la media entre dos determinaciones y que se realiza una aproximación final de 0,1 unidades. Con un criterio aún más amplio podemos llegar a considerar otras 10 muestras con pH neutro ($\text{pH} \geq 7.0$) y 4 con pH casi neutro (entre 6,9 y 6,8). En este último caso el total de papeles admisibles sería 49, es decir, casi el 90% del conjunto analizado.

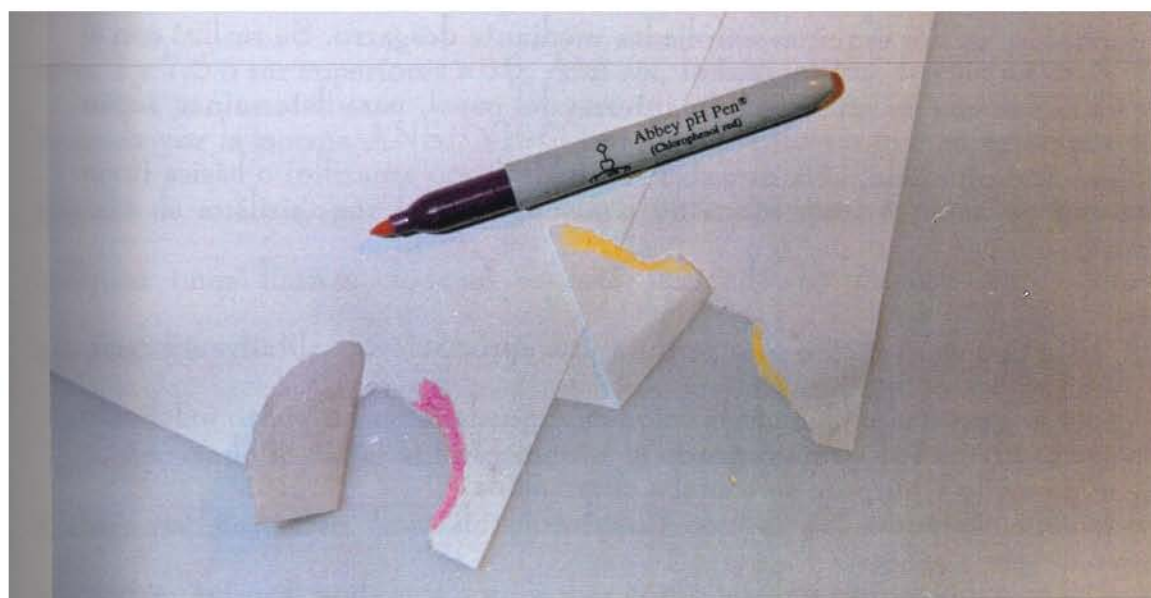


Fig. 66 - Medida interna por contacto de la acidez (lápiz indicador)

4.2.1.2. Medida interna por contacto (ANSI/NISO Z39.48-1992)

Según la norma ANSI/NISO Z39.48-1992, ni la medida superficial del pH ni los métodos de extracción acuosa son apropiados para determinar la acidez cuando el papel está encolado superficialmente o tiene cualquier tipo de recubrimiento externo. Como ambas características pueden no apreciarse a simple vista, se propone, para todo tipo de papel, la medida de la acidez de la zona interna mediante sistemas de contacto.

En este caso los papeles deben deslaminarse en seco o desgarrarse para acceder a las fibras del interior. La medida se efectúa sobre esta zona mediante contacto, al igual que lo hubiéramos hecho en el caso de una medición superficial (pH-metro con electrodo de superficie). También se propone la aplicación de líquidos indicadores del pH, como el rojo de clorofenol, que pueden comercializarse en forma de lápices.

Pensando en un método fácil de llevar a cabo por los propios artistas se decidió utilizar este último sistema, efectuando la medición de cada muestra por duplicado, en dos esquinas exfoliadas mediante desgarro. Se realizó con el lápiz indicador una marca en la zona interna del papel, para determinar, según la coloración obtenida, si la muestra era ácida (tono amarillo) o básica (tono púrpura).

Este tipo de medición sólo permite una apreciación cualitativa, es decir, si el papel es o no ácido. Cuando la coloración quedaba en un punto indefinido entre el amarillo y púrpura se tomaba como ácida.

Para nuestros propósitos hemos empleado un lápiz de rojo de clorofenol "Abbey pH Pen" (Abbey Publications 801/373-1598).

En los Gráficos 3 y 4 (p. 427) aparecen marcados con una estrella (*) los papeles que, según ANSI/NISO Z 39.48 se consideran inadecuados por su acidez.

Según los resultados obtenidos, 36 de los 55 tipos de papel analizados, es decir, el 65%, cumplen los requisitos de acidez señalados en ANSI/NISO. En este caso, debemos tener en cuenta que aunque la norma indica un límite entre 7,5 y 10 (idéntico a ISO), el método de análisis, tal como queda reflejado en las indicaciones del lápiz de clorofenol, sólo puede determinar si un papel es ácido (tono amarillo para $\text{pH} < 7$) o no ácido (tono púrpura: $\text{pH} \geq 7$).

A partir de la variación de color, podemos estar seguros de los resultados negativos, pero es probable que algunas de las determinaciones positivas no se adecuen estrictamente a los límites de la norma, ya que pueden encontrarse entre 7 y 7,5 o ser superiores a 10. Aún así, la inexactitud de este sistema es asumida por la norma ANSI/NISO en el momento en que se establece el método de análisis, por lo que debemos entender que, a pesar de que se indiquen unos límites, lo que se está teniendo en cuenta son valores aproximados.

Apoyando lo dicho anteriormente, si **comparamos los resultados** del análisis por **contacto** (rojo de clorofenol) con el pH obtenido mediante **extracción acuosa**, podemos comprobar cómo las determinaciones negativas

corresponden siempre a un $\text{pH} < 7$, y las positivas, con la única excepción de la muestra n° 27 ($\text{pH} 6,8$), a un $\text{pH} \geq 7$ ¹.

Como conclusión, podemos decir que según la medición interna del pH por contacto, el 35% de los papeles de la muestra son inadecuados. La medición de pH según este método es muy sencilla, pero resulta inexacta al no poder determinar si alguno de los papeles considerado adecuado se encuentra realmente dentro de los límites establecidos por la norma. Esto concuerda con los resultados obtenidos mediante la medición del pH por extracto acuoso.

4.2.2. Determinación de la reserva alcalina: Contenido de carbonato cálcico en el papel (ASTM D 4988-89)

Según la norma ISO 9706 (p. 1) y ANSI/NISO Z39.48-1992 (p. 1), la reserva alcalina de un papel es cualquier componente, como el carbonato cálcico (CaCO_3), capaz de neutralizar la acidez generada como resultado del envejecimiento natural o de la polución atmosférica.

Para la determinación de la reserva alcalina ISO hace referencia a la norma ISO 10716 "*Paper and board - Determination of alkali reserve*", en fase de preparación en la época en que se realizaron los experimentos, y no

¹ Al encontrarse en un valor limítrofe, la discrepancia de los datos obtenidos en el papel 27 es pequeña. Aunque puede ser debida al margen de error que existe en todo método experimental, otra posibilidad es el que posea una acidez mayor en las capas externas por haber sufrido algún tipo de contaminación o, por ejemplo, por un encolado superficial con un apresto ácido; de hecho, mediante la prueba con el lápiz indicador se aprecian valores amarillo/ocre en las dos caras externas mientras que en el interior se mantiene claramente el tono púrpura.

disponible hasta la fecha. La norma ISO 10716 está basada en ASTM D 4988-89 *"Standard Test Method for Determination of Calcium Carbonate Content of Paper"*, la adoptada por ANSI/NISO, y seguida en nuestras determinaciones.

Tanto ISO 9706 como ANSI/NISO 239.48 entienden que la **mínima reserva alcalina** que debe tener un papel para ser considerado permanente es el equivalente a un 2% de carbonato cálcico de su peso en seco (mínimo de 0.4 moles de ácido por kilogramo). La determinación del porcentaje del elemento alcalino que queda a modo de reserva se establece por medio de una volumetría¹.

Se asume que toda la reserva alcalina corresponde al carbonato cálcico, cosa que no tiene por qué ser cierta, pero aunque otros materiales ácidos o alcalinos puedan influir en los resultados, éstos siguen manteniendo su sentido al considerarse como una equivalencia.

Conforme a la norma ASTM D 4988, se tomó por duplicado 1 gramo del peso en seco de cada muestra, para trocearlo e introducirlo en un Erlenmeyer. Una vez cubiertos los fragmentos de papel por 25 ml. de agua destilada, se añadieron 20 ml de ácido clorhídrico 0.1 N y se calentó el contenido hasta la ebullición, dejando que la muestra hirviera aproximadamente durante un minuto.

Transcurrido este tiempo se añadieron 4 gotas de indicador rojo de metilo, por lo que la muestra tomó una coloración rosada, indicio de su signo ácido. Se dejó enfriar el contenido con agitación continua hasta

¹ Básicamente la determinación de la reserva alcalina se consigue sometiendo la muestra de papel a una digestión mediante una cantidad conocida de ácido clorhídrico para calcular, a partir de una valoración de retroceso con hidróxido sódico, el ácido consumido durante la digestión. A mayor reserva alcalina, más consumo de ácido y menos hidróxido sódico necesario para neutralizar la muestra.

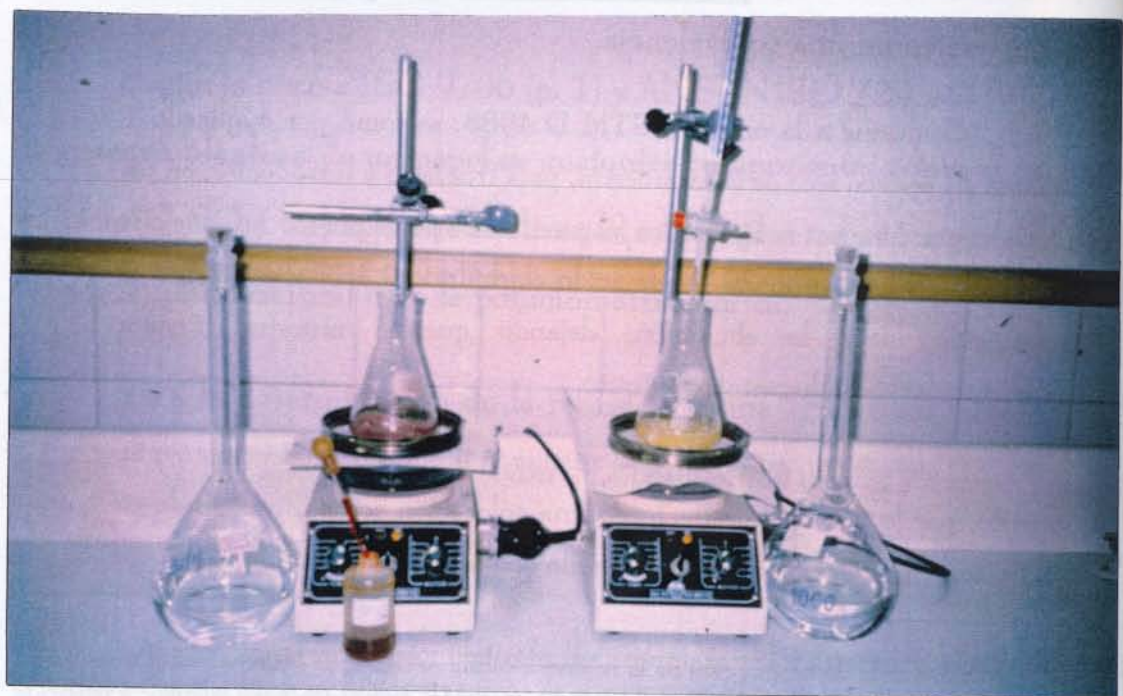
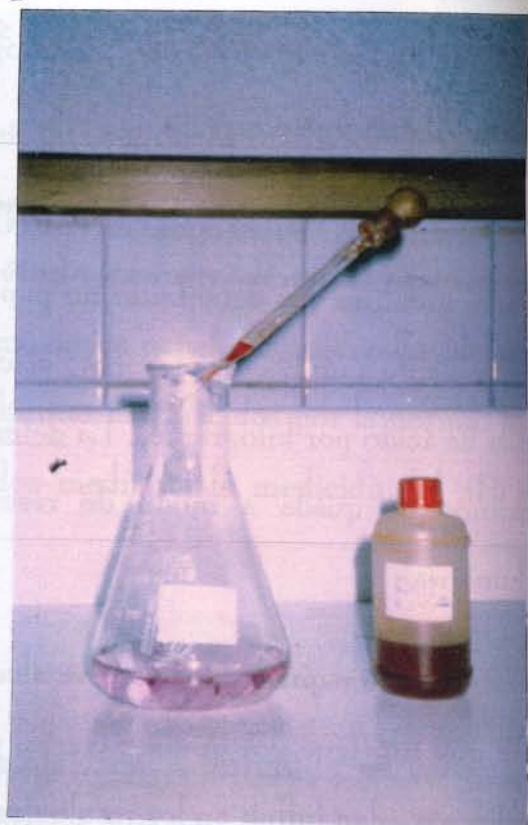


Fig. 67 - Determinación de la reserva alcalina: A) Erlenmeyer con muestra en ebullición. B) Indicador rojo de metilo. C) Agitación (izq.) y valoración/viraje de color (der.)

alcanzar la temperatura ambiente (unos 30 min.), y se valoró la disolución vertiendo por goteo hidróxido sódico 0.1 N hasta provocar el viraje del color de la muestra a amarillo, señal de la neutralización de todo el ácido.

En los papeles con un elevado porcentaje de reserva alcalina (muestras 36 y 47), fue necesario añadir el doble del ácido establecido para conseguir el viraje a rosa y poder efectuar la valoración. En otros casos hubo que añadir más agua destilada para lograr diluir la pasta formada por los papeles excesivamente disgregados, y en algunas ocasiones, antes de valorar definitivamente la disolución, se tuvo que hervir nuevamente la muestra para eliminar trazas de indicador que permanecían en las fibras y debían pasar a la disolución.

Para el cálculo del porcentaje de reserva alcalina se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% CaCO_3 = \frac{[(V_{ml} \times N)_{HCl} - (V_{ml} \times N)_{NaOH}] \times 0,05 \times 100}{P_s}$$

donde:

$V_{ml_{HCl}}$ = Volumen en ml de ácido clorhídrico añadido (normalmente 20 ml)

N_{HCl} = Concentración exacta de HCl en normalidad

$V_{ml_{NaOH}}$ = Volumen en ml de hidróxido sódico empleado en la valoración

N_{NaOH} = Concentración exacta de hidróxido sódico en normalidad

P_s = Peso en seco de la muestra en gramos.

0.05 = Peso del miliequivalente del carbonato cálcico.

De cada muestra se tomaron dos determinaciones, de las que se halló la media. Los resultados se expresan con una aproximación del 0.1% (un decimal) como porcentaje del contenido de carbonato cálcico del papel seco.

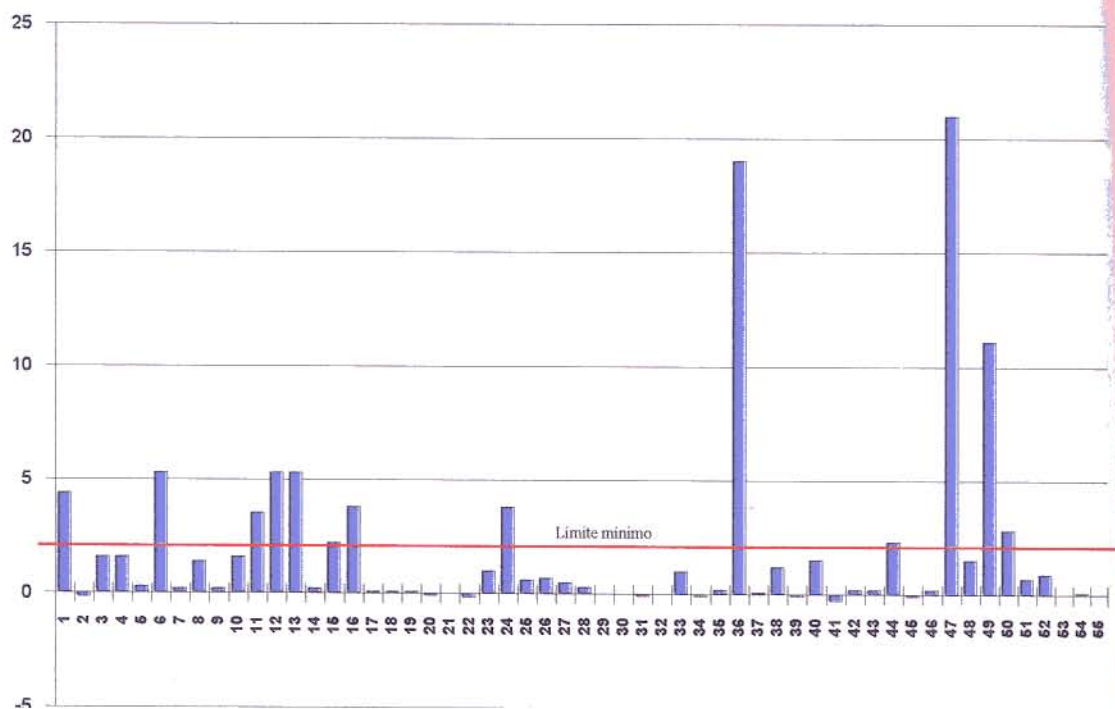


Gráfico 5 - Porcentaje de reserva alcalina (%)

Los reactivos empleados para el ensayo han sido los siguientes:

- Ácido clorhídrico HCl 0.1 N: HCl 1%, preparado a partir de una disolución comercial de HCl 1N y valorado mediante una disolución de NaOH de concentración conocida con exactitud.

- Hidróxido sódico NaOH 0.1.N: NaOH 0.4%, estandarizado mediante valoración de una disolución comercial de HCl 1N.

- Indicador rojo de metilo: disolución al 0.2% de rojo de metilo en alcohol etílico, preparada disolviendo 0.1 g de rojo de metilo u o-carboxibencenoazo-dimetilanilina en 50 ml de etanol.

Los instrumentos empleados para este ensayo han sido un destilador de agua Hermi, Mecheros Bunsen incorporados a botellas de gas y agitadores magnéticos P Selecta Agimatic (Ref. 243) con placa calefactora.

Los resultados aparecen en el Gráfico nº 5, en el que se puede comprobar cómo:

- Sólo 13 tipos de papel (algo menos del 24% de la muestra) tienen la suficiente reserva alcalina para poder ser aceptados según ISO y ANSI/NISO

- De las 42 muestras restantes:

- 10 tienen una reserva $\geq 1\%$ (incluida muestra 52 con 0,9%)

- 4 se encuentran en un rango entre 0,5 y 0,7

- 14 tipos de papel no tienen ningún tipo de reserva alcalina, e incluso

- 8 de ellos podrían tener una pequeña "reserva ácida", ya que poseen valores negativos, aunque muy cercanos a 0 (mínimo -0,3%).

Son de destacar 3 valores mayores del 10%, que se corresponden con las muestras número 47 (21%), 36 (19%) y 49 (11%). Los dos primeros casos son papeles reciclado/ecológicos de muy bajo precio, en los que es de suponer que una reserva alcalina tan elevada ayuda a disminuir los costes de materia prima (ahorro de cerca del 20% de las fibras). El papel 49 es un "papel sintético" blanco, por lo que es muy probable que la elevada "reserva alcalina" se corresponda con los elementos encargados de lograr la opacidad en este soporte.

4.2.3. Resistencia a la oxidación: Determinación de número Kappa (ISO302)

Antes de la elaboración definitiva de las normas ISO 9706 y ANSI/NISO Z39.48, se establecieron requisitos de permanencia referidos a la composición de las pastas que conformaban los papeles. El fin último de dichos requisitos era, principalmente, poder descartar los papeles que habían sido elaborados con pastas con un alto contenido en lignina. Al implicar métodos de análisis más complejos de lo pretendido, en una etapa posterior se decidió determinar directamente la presencia o no de una cantidad máxima de lignina.

Uno de los métodos empleados para la indicación del contenido de lignina en las pastas, al cual hacen referencia las actuales normas ISO y ANSI/NISO, es el número Kappa, que consiste en precisar el grado de

deslignificación de una pasta mediante un reactivo oxidante (permanganato), cuyo exceso se valora con yoduro potásico¹.

Los límites de número Kappa aceptables para considerar un papel como permanente varían en ambas normas; para ANSI/NISO es suficiente un número Kappa < 7 (equivalente a un 1% de lignina), mientras que ISO considera como tope un número Kappa < 5 (0.75% de lignina, según fórmula descrita anteriormente).

Como método para la determinación del índice Kappa la norma ANSI/NISO se refiere al descrito en TAPPI T236 cm-85 "*Kappa Number of Pulp*", y la norma ISO a ISO 302:1981 "*Pulps - Determination of Kappa number*", con las variaciones que se indican en el Anexo A de ISO 9706.

Como la norma ISO 302, además de ser de ámbito internacional, se corresponde completamente con la norma española UNE 57-034-91 "**Pastas. Determinación del número Kappa**", hemos decidido tomarla como referencia para el análisis de las muestras.

Hay que recordar que la determinación del número Kappa, tal como aparece en ISO 302, está dirigida al análisis de pastas, por lo que, en el caso de los papeles, es necesario seguir las indicaciones que quedan hechas en el Anexo A de la norma ISO 9706. Estas especificaciones están principalmente encaminadas a adecuar el tamaño de la muestra para lograr la

¹ El índice o número Kappa (I.K.), equivale a los mililitros de permanganato decimonormal consumidos por un gramo de pasta; se relaciona con el contenido en lignina según: Lignina = I.K. x 0.15 (Navarro; 1970, 78), aunque no existe una relación precisa entre ambos términos pues puede variar según los procedimientos de deslignificación y la especie forestal (UNE 57-034-91, p. 1). Quizás por esto último, aunque en la norma ANSI/NISO Z39.48-1992 el índice Kappa se relaciona directamente con un porcentaje de lignina para establecer la composición del papel, en la norma ISO 9706 se entiende simplemente como un indicativo de la resistencia a la oxidación.

máxima exactitud posible en las medidas que se acercan a los límites máximos aceptables, es decir, busca la mayor precisión entre los números Kappa 7 y 3, ya que se interesa por determinar los límites cercanos a 5. Para ello, las muestras a analizar deben ser de 10 gramos de peso en seco.

Para la determinación del número Kappa se baten, por duplicado, 10 gramos de la muestra en no más de 500 ml de agua destilada. Cuando el papel está completamente desintegrado, y sin grumos, se completa el volumen hasta 790 ml, evitando perder ninguna fibra¹.

Mediante un agitador se mantiene la pasta en movimiento, cuidando que durante toda la reacción la temperatura se mantenga entre 20 y 30°C, y se añade una mezcla preparada con 100 ml de una disolución de permanganato potásico (KMnO_4) 0.02 M, y 100 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 2.0 M. Se pone en marcha un cronómetro y se añaden otros 10 ml. de agua destilada, con la que previamente se han enjuagado los matraces. Se consigue un total de 1000 ml de mezcla.

Aproximadamente a los cinco minutos se toma la temperatura de la reacción, y una vez transcurridos exactamente 10 minutos desde que se vertiera la mezcla de permanganato y ácido sulfúrico, se añaden 20 ml de una disolución de Yoduro potásico (KI) 1.0 M. El yoduro potásico tiene la capacidad de parar la reacción; el permanganato reacciona con el yoduro y se transforma en yodo, que puede volatilizarse con rapidez, por lo que inmediatamente después de verter el yoduro se valora el yodo libre I_2 mediante una disolución de tiosulfato sódico pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) de concentración 0.2 M, que se hace gotear hasta que la disolución pierde su característico color amarillo limón, pasando a ser completamente transparente.

Según ISO 302 se puede emplear una disolución de almidón como indicador, pero en nuestro caso hemos preferido usar el propio yodo como

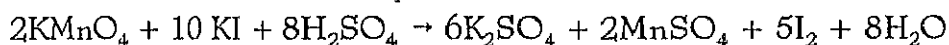
¹ Al resultar imposible desfibrar los "papeles sintéticos", se ha tenido que prescindir de este tipo de análisis en las muestras 30 y 49.

autoindicador, ya que podían apreciarse con toda claridad los cambios de coloración provocados por las reacciones.

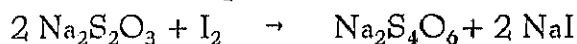
Se realizó un ensayo en blanco (sin papel) con los primeros reactivos y cada vez que se preparaba un reactivo nuevo.

Las reacciones implicadas en esta prueba (Peinado, Alonso y Viñas, 1994) son:

-Reacción del exceso de KMnO_4 con KI:



- Valoración del I_2 formado en la reacción anterior con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:



El cálculo del Índice Kappa (I.K.) se realiza según las siguientes fórmulas:

$$I.K. = \frac{V_1 d}{m} \frac{[1 + 0.013(25 - T)]}{V_1} = \frac{(V_2 - V_3) \times c}{0.02 \times 5}$$

Donde:

V_1 = Volumen de la disolución de permanganato potásico consumido en la determinación, en mililitros

V_2 = Volumen de la disolución de tiosulfato sódico consumido en el ensayo en blanco, en mililitros

V_3 = Volumen de la disolución de tiosulfato sódico consumido en la determinación, en mililitros

c = Concentración de la disolución de tiosulfato sódico (moles/litro)

d = Factor de corrección para un consumo de permanganato del 50% según V_1 . El valor se obtiene según tablas incluidas en la norma

m = Masa de la muestra de papel, al seco absoluto, en gramos

T = Temperatura media de la reacción en grados Centígrados

Cuando en la valoración final del yodo se precisan menos de 15 ml de tiosulfato o más de 35 ml no se puede determinar el número Kappa

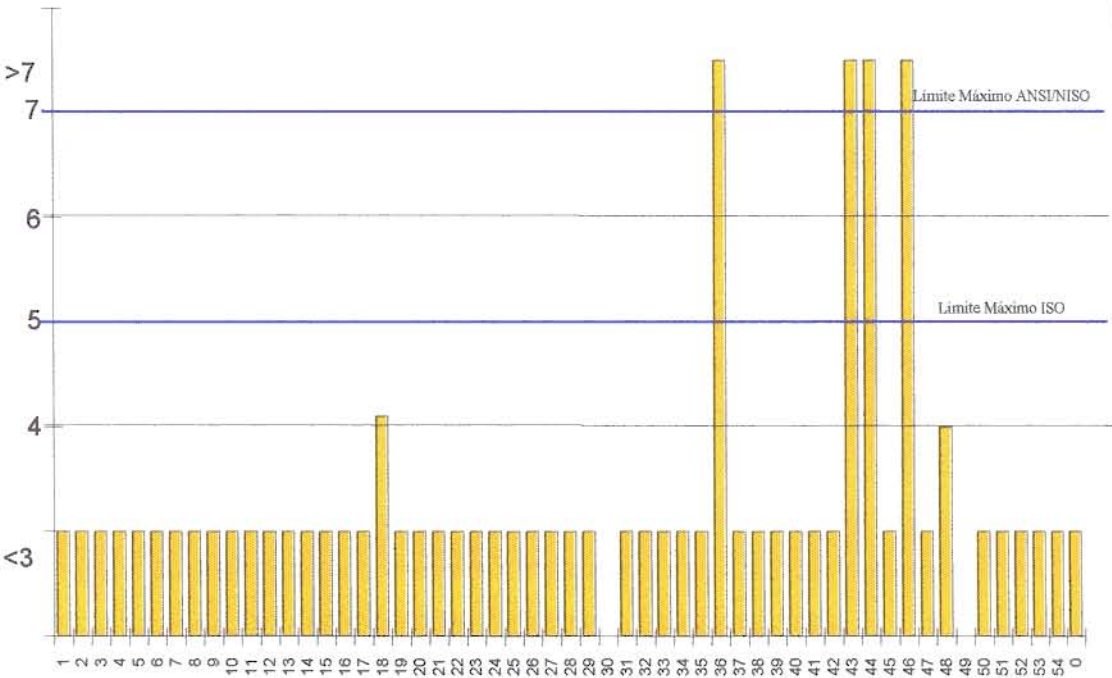


Gráfico 6 - Índice Kappa

exacto, pues implica que se ha consumido respectivamente más del 70% del permanganato (Número Kappa indeterminado, pero >7) o menos del 30% (número Kappa indeterminado, pero <3). Esta precisión es suficiente en nuestro ensayo, pues sólo es necesario determinar si los valores son menores de 5 (ISO 9706) o de 7 (ANSI/NISO Z39.48).

En el caso de tener que calcular el índice Kappa, se indica el valor medio de las dos determinaciones realizadas, con precisión de un decimal.

Los reactivos necesarios para el ensayo han sido los siguientes:

- Permanganato potásico: Disolución volumétrica normalizada de 0.02 mol/l, con un contenido de 3,161g de permanganato potásico (KMnO_4) por litro.
- Ácido sulfúrico: Disolución 2,0 mol/l, con 196 gramos (111,11 ml) de ácido sulfúrico (H_2SO_4 , $d = 1,84 \text{ g/ml}$) por litro
- Yoduro potásico: Disolución 1 mol/l, con 166 gramos de yoduro potásico (KI) por litro
- Tiosulfato sódico: Disolución de 0,2 mol/l que contiene 49,69 gramos de tiosulfato sódico pentahidratado por litro

El instrumental empleado en esta prueba ha sido un aparato destilador de agua Hermi, placas calefactoras con agitador magnético P Selecta Agimatic (Ref. 234), batidora Moulinex Masterclick, con velocidad regulable, y cronómetro con precisión de un segundo.

Los resultados de este ensayo, con la adecuación a los límites según ISO y ANSI/NISO, aparecen en el Gráfico N° 6. Podemos observar que a pesar de existir rangos distintos para cada norma, ningún valor queda en el tramo

entre ambas, de manera que los resultados son válidos para ISO y para ANSI/NISO.

- De los 53 papeles analizados, sólo hay 4 que no mantienen una resistencia a la oxidación o contenido de lignina adecuado, todos ellos alcanzan el equivalente a más del 1% de lignina (índice Kappa > 7).

- El resto de las muestras presentan un número Kappa < 3, con la excepción de los papeles 18 y 48, con un índice Kappa de 4 (aproximadamente 0,6% de lignina).

El grado de oxidación inadecuado en el papel denominado "ecológico" (n° 36) puede ser debido a que esté fabricado a partir de papel reciclado con pasta mecánica; en los otros tres, dado su tono oscuro, el motivo es que proceden de pastas sin blanquear. De estos últimos, uno corresponde a papel kraft (n° 46), otro a un papel indio de fibras de yute (n° 44), y el último (n° 43) a un papel japonés de tono crudo, con el 50% de fibras de Kozo. Al contrario de lo que hubiera cabido esperar, ninguno de los papeles denominados "reciclados" (n° 47 y 48) presentan un elevado contenido en lignina, aunque el realizado artesanalmente (n° 48) se acerca al límite de ISO, con un índice Kappa de 4.

Según los resultado, el 92,5% de los papeles analizados presenta una resistencia a la oxidación o porcentaje de lignina adecuados.

4.3. ANALISIS FISICOS

4.3.1 Resistencia al desgarr

Existen diversas formas de evaluar la resistencia mecánica de un papel; por ejemplo, la norma DIN 6738 sobre clases de duración de vida emplea la resistencia al desgarr, la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura; otras normas hacen referencia a la resistencia al reventamiento o a la resistencia al plegado¹.

La medida empleada tradicionalmente, sobre todo para hacer comparaciones tras el envejecimiento acelerado, ha sido la resistencia al plegado (entre otros, Barrow, 1963 y 1967), por ser ésta la condición mecánica que resulta más afectada por el paso del tiempo², pero tanto la norma ISO como ANSI/NISO recogen como medida de la fuerza del papel la resistencia al desgarr secundario o interno, por ser un método cuyos resultados son lo suficientemente reproducibles.

El desgarr interno es la fuerza requerida para continuar el desgarr de una hoja previamente rasgada; como cualquier ensayo mecánico está determinado por el gramaje del papel, es decir, a mayor gramaje mayor resistencia. Es por esto que se puede tomar como método de medición directamente la resistencia al desgarr (RD: gramos-fuerza necesarios para

¹ Acerca de la descripción de todos los ensayos mecánicos que suelen realizarse para determinar la resistencia de un papel, véase Navarro, 1972, 43-80.

² Según Navarro (1972, 234); Minior demostró esto mismo en 1932 mediante ensayos de envejecimiento natural.

la rotura, generalmente expresado en mN), o el índice de desgarro (ID, normalmente en mNm^2/g), donde se obtiene una medida en función del gramaje¹, al representar la resistencia al desgarro equivalente a 100 g/m^2 (Navarro, 1972, 63-66):

$$ID = \frac{(100 \times RD)}{\text{gramaje}}$$

Como sistema de medida, ANSI/NISO se refiere al índice de desgarro en mNm^2/g , con un límite admisible de $5.25 \text{ mNm}^2/\text{g}$, mientras que ISO toma la resistencia al desgarro en milinewtons, admitiendo un mínimo de 350 mN para papeles de 70 g/m^2 o más, o de $[(6 \times \text{gramaje}) - 70]$, para los comprendidos entre 25 y 70 g/m^2 . Según las equivalencias entre ambos tipos de medida, la norma ISO es menos restrictiva que ANSI/NISO para los papeles de gramaje superior a 70, mientras que en el caso de gramajes menores ocurre lo contrario.

Para la determinación de la resistencia al desgarro ambas normas hacen referencia al método Elmendorf, ANSI/NISO según TAPPI T414 om-88 "Internal tearing resistance of paper", e ISO según ISO 1974:1990 "Paper - Determination of tearing resistance". La norma española UNE 57-033-86 "Papel, determinación de la resistencia al desgarro", es equivalente a la versión de ISO del año 1974 (ISO 1974:1974), y difiere ligeramente de la

¹ Si se pretende generalizar los resultados obtenidos mediante este análisis a papeles de la muestra que difieran sólo en su gramaje, tendremos que referirnos al índice de desgarro, que debería ser el mismo en ambos casos.

actual. Para nuestros propósitos hemos seguido el método descrito en la norma ISO 1974:1990, por ser de ámbito internacional².

Para medir la resistencia al desgarro hay que tener en cuenta la dirección de fibras de los papeles: la resistencia es normalmente mayor cuando se aplica transversalmente a las fibras (ST) que cuando es longitudinal, es decir, en el sentido de la máquina (SM).

Siguiendo el método descrito en ISO 1974, los papeles de cada muestra se dividieron en hojas de 50 x 65 mm, cortadas paralelas a los bordes, y según ambas direcciones de fibra.

Agrupados en probetas de 4 hojas con idéntico sentido de fibra, se colocaron entre las mordazas de un aparato de desgarro tipo Elmendorf, practicando un corte exacto de 22 mm, mediante una cuchilla basculante. Actuando manualmente sobre el resorte de sujeción de un péndulo, este se libera, adquiriendo un movimiento de oscilación que hace que la mordaza móvil, a la que está sujeto, se desplace, desgarrando completamente la probeta.

En la escala del aparato aparece la medida de la energía consumida por el péndulo al desgarrar las hojas, que se anota con una precisión de 0,5 unidades; se retira la probeta desgarrada, se equilibra el aparato, colocando el péndulo en posición inicial y ajustando la escala a 0, y se repite la operación hasta conseguir un mínimo de 10 ensayos por cada dirección del papel.

¹ Los resultados de la medida del desgarro se pueden ver influidos por el espesor, la resistencia al cizallamiento y sobre todo, y en términos negativos, por la rigidez a la flexión del papel, el encolado, el refino y el calandrado. En este último caso, si queremos generalizar los resultados obtenidos mediante este análisis a papeles similares a los de la muestra que difieran solamente en el grado de lisura, tenemos que tener en cuenta que la resistencia al desgarro en papeles satinados puede ser menor a la de papeles idénticos si alisar, pues el satinado disminuye la solidez del papel, sobre todo las primeras pasadas, que ejercen una sensible influencia en el sentido transversal de las fibras (Navarro, 1972, 63-66).

Cuando la línea de desgarro se desvía más de 10 mm de la incisión inicial en una o dos probetas de los 10 ensayos se repiten estos ensayos, cuando ocurre en más de dos probetas se aceptan. En algunos papeles muy gruesos o de fibras muy largas los desvíos producidos en sentido transversal fueron tan grandes que impedían la correcta valoración de los resultados, por estas circunstancias se ha tenido que descartar las medidas transversales de las muestras 11 y 42, de modo que sólo aparecen las obtenidas longitudinalmente.

Para conseguir la exactitud deseable, cuando el valor medio de las lecturas no quedaba comprendido entre el 20 y el 80 por ciento de la escala, se aumentaba o disminuía el número de hojas de cada probeta, hasta situarlo en dichos límites. El número de hojas necesarias en cada caso es posteriormente tenido en cuenta en el cálculo de resultados.

Para el cálculo de la resistencia al desgarro (RD) se determina la media de las diez mediciones obtenidas por cada sentido de fibra, y se aplica la siguiente fórmula:

$$RD = \frac{(m \times G) \times p}{n}$$

Donde:

m = media de las diez medidas obtenidas

G = aceleración de la gravedad (9,81), que debe ser tomada en cuenta al emplear un instrumento que proporciona valores de masa media

p = factor del péndulo (= 16)

n = número de hojas desgarradas simultáneamente (normalmente 4, pero variable entre 2 y 10)

En el caso de los papeles fabricados a mano, aunque se tomaron igualmente 10 determinaciones para cada sentido de la hoja, la media se realizó uniendo los datos de ambos, ya que estos papeles carecen de una verdadera dirección de fibras. Los papeles hechos a mano, precisamente por

la imperfecciones que se producen en su manufactura, muestran muchas diferencias de grosor, dentro de cada hoja y entre los diferentes pliegos (véase Tabla de diferencias de gramaje, supra C.IV 4.1.2.), esto ha hecho que en su gran mayoría los resultados sean muy variables. Al realizar una media con 20 determinaciones, en lugar de tener en cuenta sólo 10, se pretende minimizar la gran dispersión de datos, aumentando la **fiabilidad** de esta prueba¹.

Para los papeles sintéticos, que no tienen problemas de variación pero, al igual que los papeles fabricados a mano, tampoco tienen "dirección de fibras", se siguió el mismo criterio; es decir, aunque se realizaron 10 determinaciones para cada sentido del soporte, se calculó una sola media con los 20 resultados.

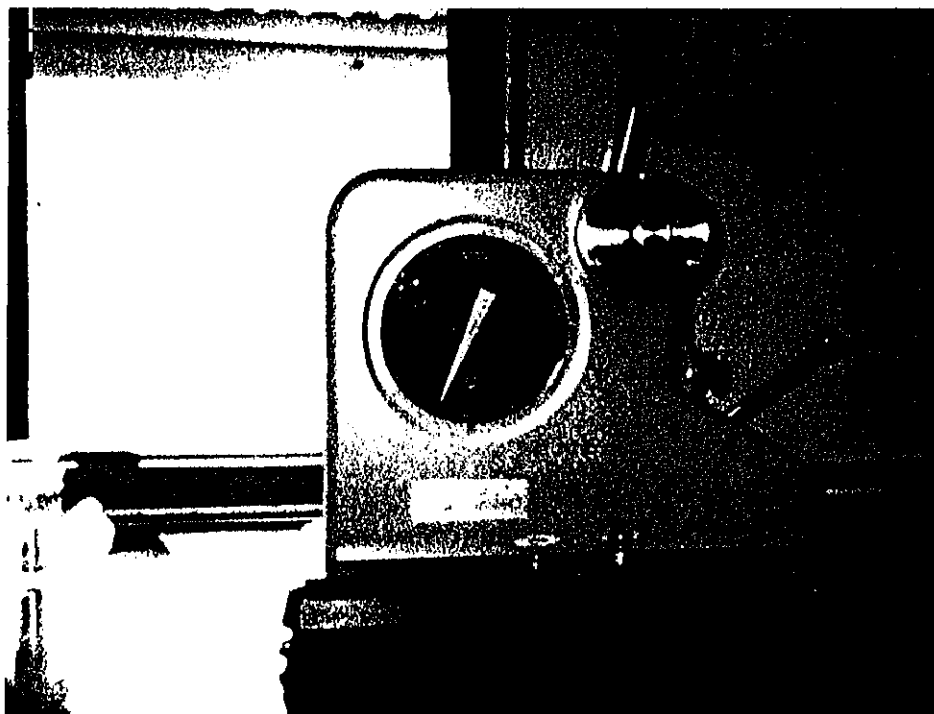


Fig. 68: Modelo de desgarrómetro

¹ Según Smook (1970, 316-317) "Una vía para mejorar la precisión es incrementar el número de repeticiones del ensayo. Sin embargo, esto supone un mayor costo para el técnico que lo realiza. Por consiguiente, el número de repeticiones especificado para cada método de ensayo normalizado es un compromiso entre la precisión deseada y el coste de mano de obra".

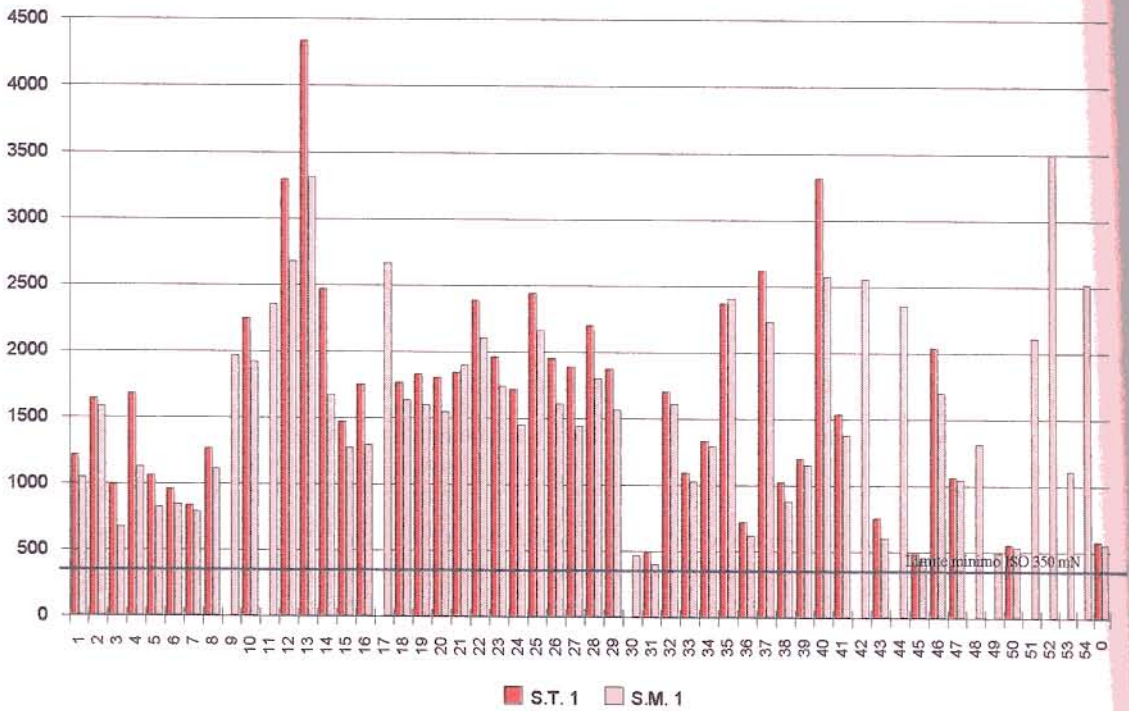


GRAFICO 7 - Resistencia al desgarro (mN). S.T = Sentido transversal; S.M. = Sentido máquina

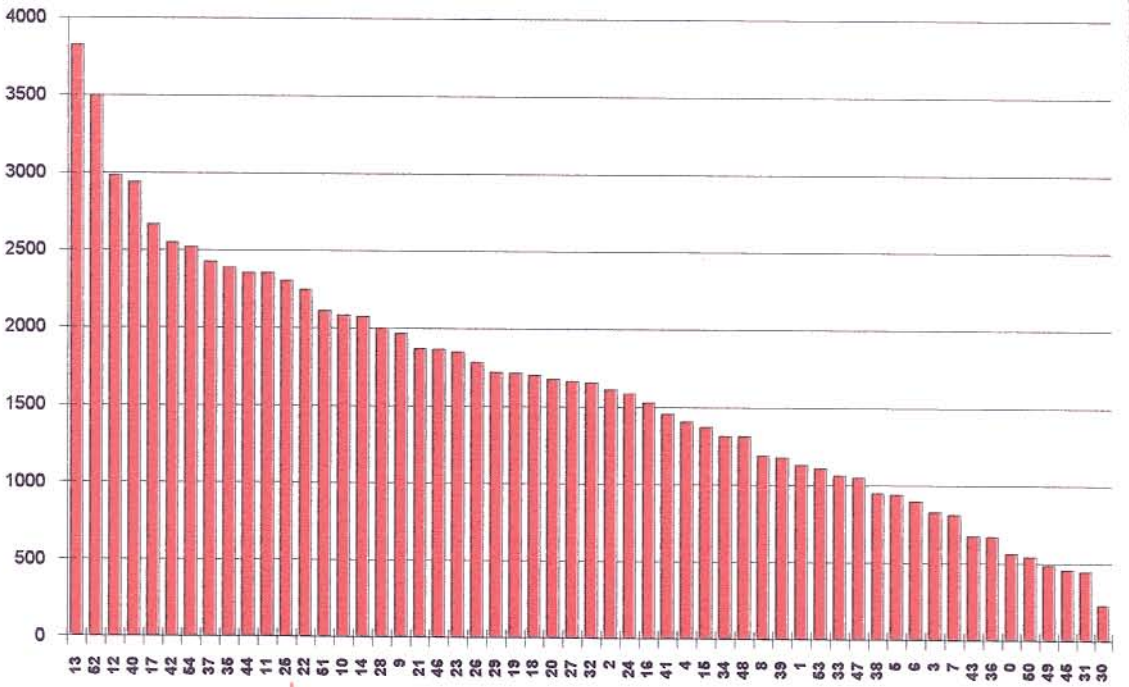


GRAFICO 8 - Media de las resistencias al desgarro en orden descendente

Para este ensayo se emplearon como instrumentos un desgarrómetro Adamel Lhomargy (División de Instrumentos S.A.) Type Edoi, previamente calibrado con factor de péndulo 16, y una minicizalla con corte de precisión ajustable a 50 y 65 mm. La prueba se realizó en espacio aclimatado según ISO 187.

Los resultados obtenidos aparecen en los Gráficos n° 7 y n° 8 (resistencia al desgarro en mN) y números 9 y 10 (índice de desgarro), que incluyen, respectivamente, los límites admisibles para un papel permanente según normas ISO y ANSI/NISO. Se reflejan las determinaciones en el sentido transversal (ST) y en el longitudinal (SM) o sentido de la máquina; la medida de los papeles fabricados a mano aparece como longitudinal. Los gráficos de valores ordenados (números 8 y 10) están realizados en función de la resistencia media en ambas direcciones de fibras (ST y SM). Las puntuaciones exactas aparecen en la Tabla Comparativa A.

Observando los valores obtenidos, podemos destacar que:

- Todos los papeles analizados cumplen con las especificaciones de resistencia al desgarro según ISO (Gráficos 7 y 8)
- Sólo 4 de ellos (29, 30, 31 y 38) no llegan a alcanzar un índice de desgarro superior a 5,25 en ambas direcciones de fibra, necesario para reunir los requisitos de ANSI/NISO (Gráficos 9 y 10).

Los papeles 29 y 38 están en el límite de conseguir un índice de desgarro adecuado; de hecho sólo fallan en el sentido longitudinal, donde ambos tienen un valor próximo a 5,20. La muestra n° 29 presenta una escasa resistencia por tratarse de un papel sin encolar 100% trapo (Arches 88, para serigrafía), la n° 38 corresponde a un conocido papel para dibujo artístico (papel Diamante).

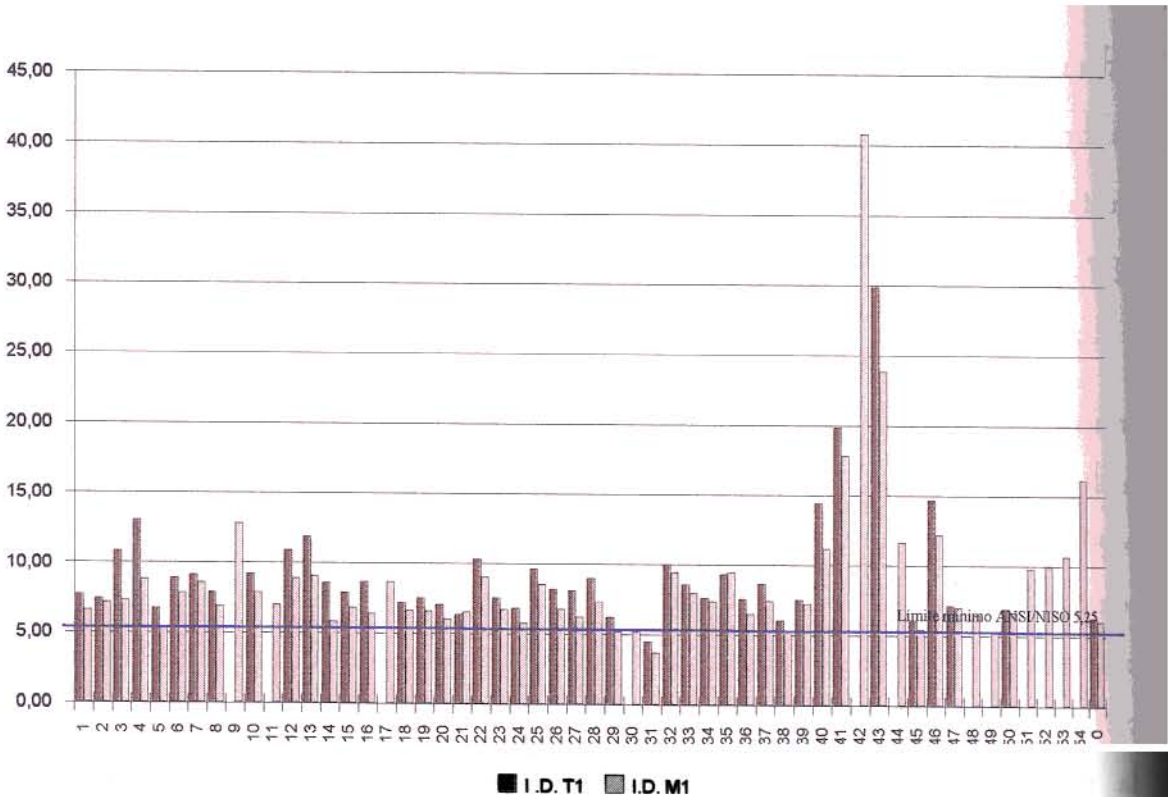


GRAFICO 9 - Indice de desgarró (mNm^2). T = Sentido transversal; M = Sentido de Máquina

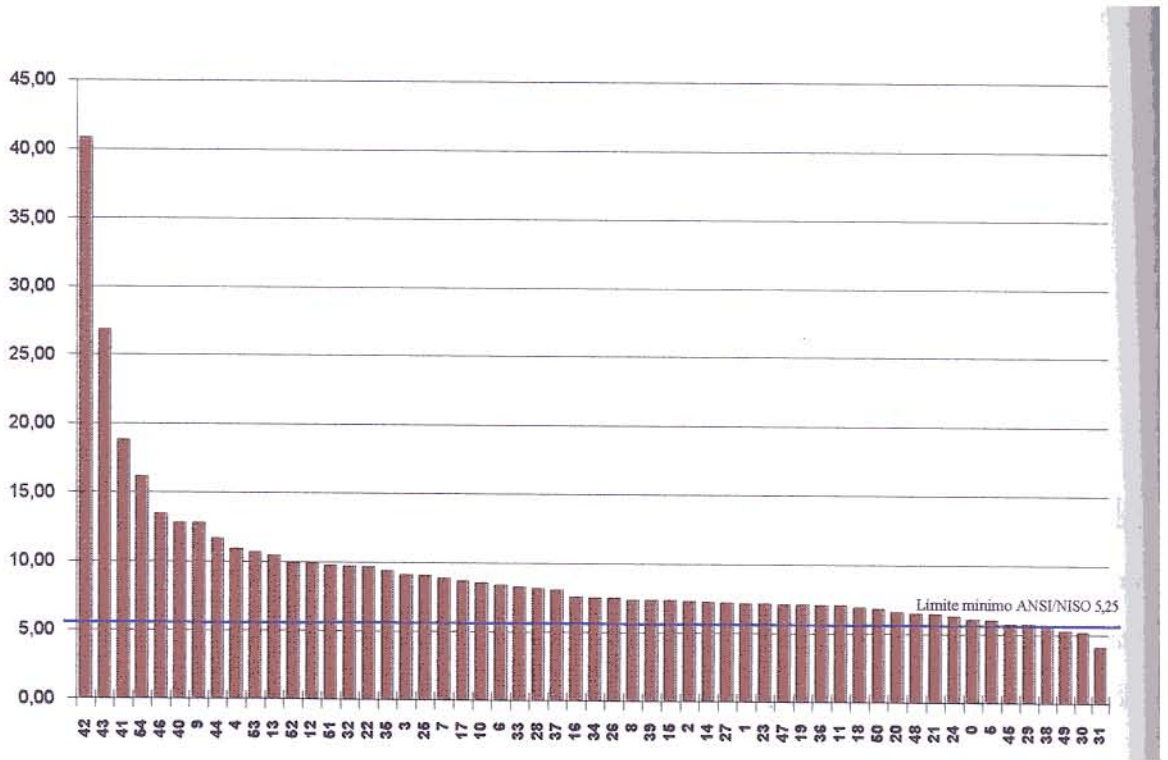


GRAFICO 10 - Indice de desgarró según media de ambas direcciones de fibra

De los dos papeles restantes, la muestra 31 es un papel vegetal, característico por su escasa resistencia, pero la número 30, curiosamente, se trata de un "papel sintético"; frente a la gran resistencia al desgarramiento inicial de estos soportes, que los hace prácticamente irrompibles, cuando se inicia un corte se parten con suma facilidad, y es precisamente esta propiedad la que se ha medido en este análisis. A pesar de ello, el índice de desgarramiento de esta muestra (5,19) está en el límite de lo admisible (5,25).

Según el resultado de los análisis, el 100% de los papeles reúne los requisitos de resistencia al desgarramiento según ISO 9706, y el 93% lo hace según ANSI/NISO Z39.48.

4.3.2 Determinación de la blancura. UNE 57-062

Como se ha comentado, ni la norma ISO 9706 ni la ANSI/NISO Z39.48 tienen en cuenta las variaciones de blancura para determinar la permanencia de un papel, sin embargo basándonos en la importancia de este aspecto para los papeles de uso artístico (Proyecto ASTM Z 08162), se ha decidido efectuar esta medición para poder realizar comparaciones antes y después del envejecimiento acelerado.

La única referencia para la valoración de la blancura, según las normas estudiadas sobre permanencia del papel, es la que aparece en la norma ASTM D-3290-1986, basada en TAPPI T452 "*Brightness of pulp, paper and*

*paperboard*¹, o ASTM D985 "*Directional Reflectance for Blue Light of Paper*". Ambos métodos son similares a la "Determinación del factor de reflectancia al azul (Grado de blancura UNE)", descrito en la norma UNE 57-062-72, que concuerda con las recomendaciones de ISO (Navarro, 1972, 163).

El factor de reflectancia al azul, o blancura UNE, es un sistema de medición sencillo, frecuentemente utilizado en los controles de calidad de la industria papelera y en la determinación del amarilleamiento del papel durante el envejecimiento acelerado. Es el método que más se adecúa a nuestros propósitos: comprobar cuantitativamente la pérdida de blancura antes y después del envejecimiento acelerado.

Se han descartado otros sistemas más completos, como la colorimetría, que aunque es más precisa, tiene el inconveniente de expresar la blancura a través de tres parámetros, aumentando la complejidad de establecer comparaciones futuras.

El grado de blancura de un papel se determina midiendo, con un reflectómetro, su factor de reflectancia en la región del azul del espectro visible (a una longitud de onda de 457 nm); es la relación, en términos de porcentaje, entre la radiación reflejada por el papel y la radiación reflejada por un difusor perfecto que actúa como patrón (óxido de magnesio puro) (Smook, 1990, 323).

Para determinar el grado de blancura UNE, o factor de reflectancia en el azul, se empleó un espectrofotómetro Elrepho; tras ajustar los filtros

¹ Recomendada por Browning (1977, 321) para la determinación del amarilleamiento durante el envejecimiento acelerado. En esta misma norma se basaba también el proyecto para papeles permanentes de los Países Bajos (Hofenk de Graaff, 1987, 673)

pertinentes y cerciorarse de su correcto calibrado, se fue efectuando la medición de todas las muestras.

En cada muestra se empleó el suficiente número de hojas para conseguir la opacidad del conjunto; evitando marcas y filigranas, se midió la blancura en el centro de cada hoja, colocándola después en la parte posterior del bloque. Tras efectuar 5 determinaciones se invertía el conjunto, comenzando a tomar las medidas de la cara posterior de las mismas hojas. En total, se tomaron 10 valoraciones por muestra, con una aproximación de un decimal.

El grado de blancura de cada muestra se calcula como la media de los diez resultados individuales y se expresa en forma de porcentaje, referido al patrón que actúa como "blanco absoluto".

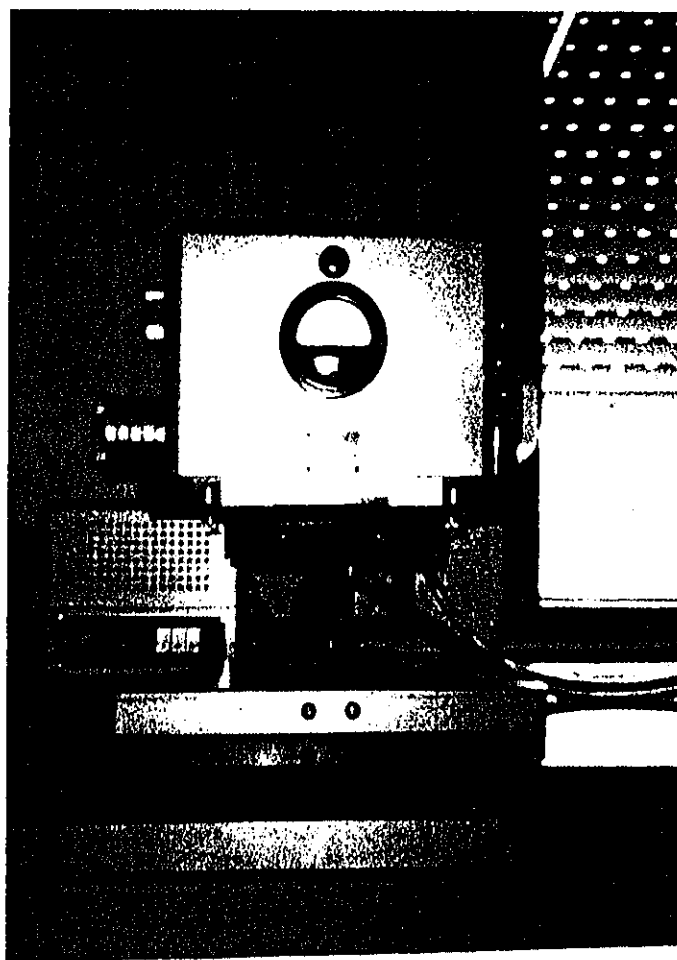


Fig. 69: Modelo de espectrofotómetro Elrepho

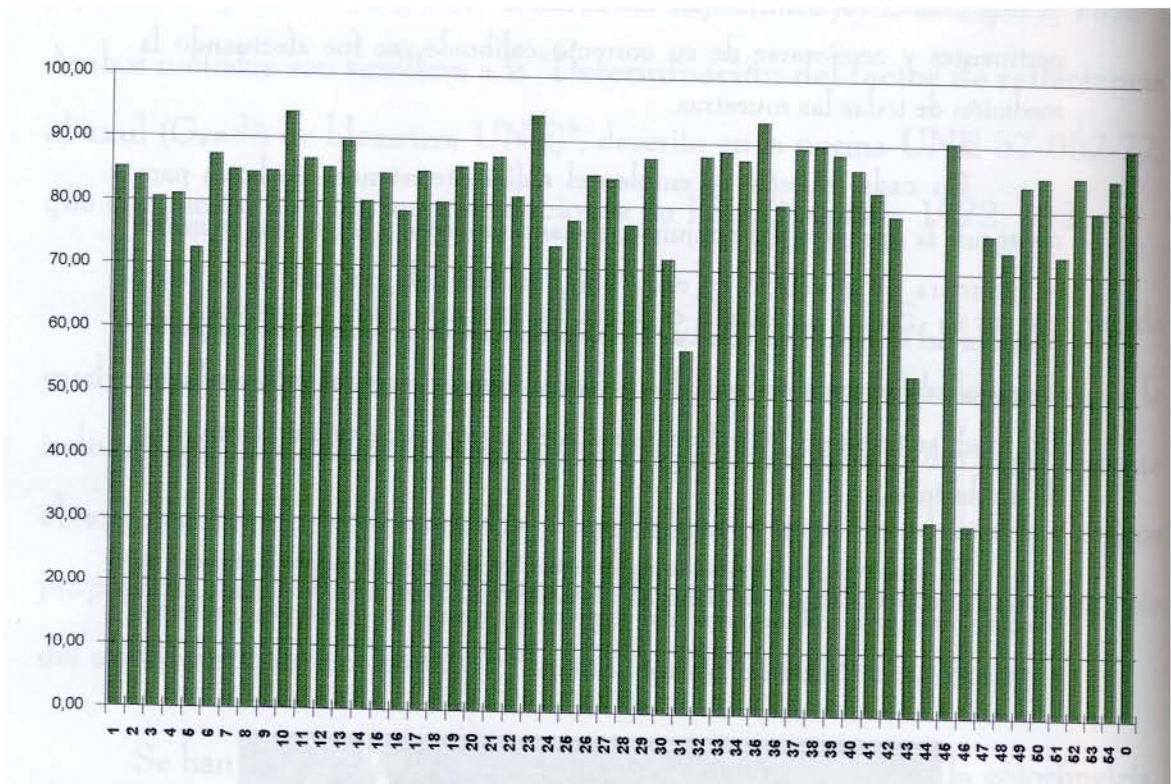


GRAFICO 11 - Grado de blancura UNE (%)

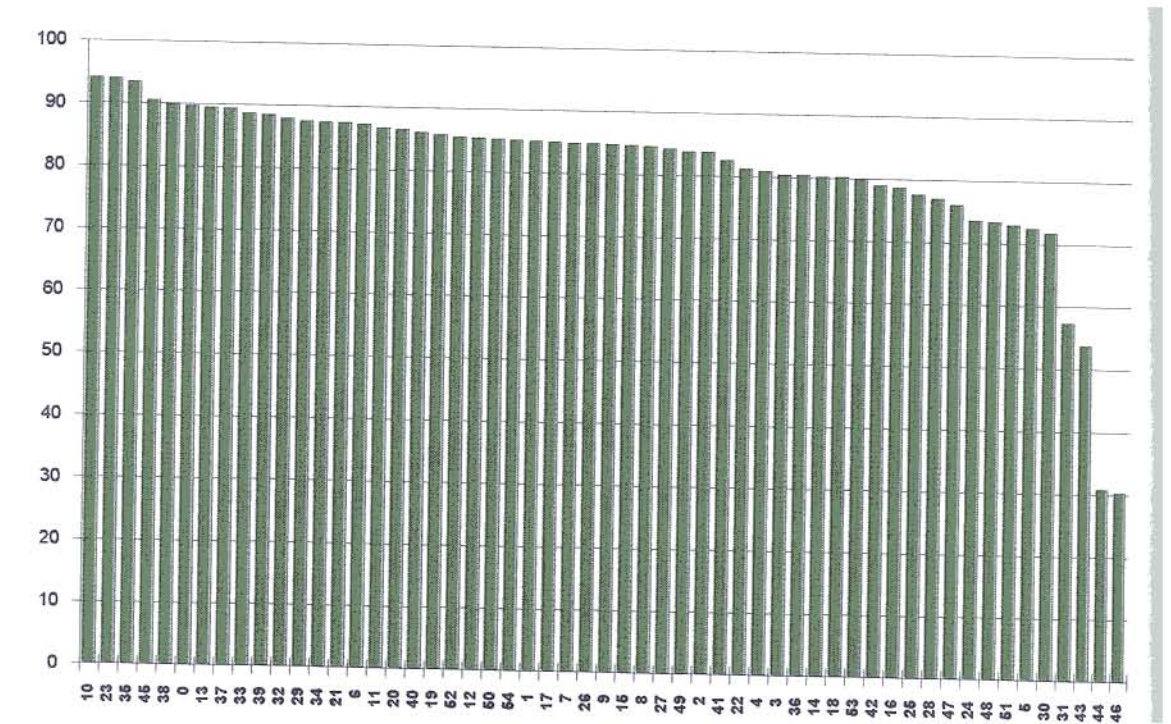


GRAFICO 12 - Muestras ordenadas según grado de blancura UNE (%)

El modelo de espectrofotómetro Elrepho empleado fue un Carl Zeiss 44426-Germany, calibrado en el filtro 8 con el disco de vidrio opalino número 14.926 (Fig. 69).

Los resultados aparecen en los Gráficos n° 11 y n° 12. El grado de blancura se sitúa entre el 94% (papeles 10 y 23) y el 31% (muestras 44 -papel de yute- y 46 -papel kraft-, con una tonalidad parda, al tratarse de pastas sin blanquear). Es de destacar cómo la blancura de los papeles va descendiendo paulatinamente hasta llegar al 70% (tonos amarfilados) donde baja a cerca del 55% (muestras 31 -papel vegetal- y 43 -papel japonés crema: tono natural-) y de ahí a los valores próximos al 30% (pardos).

4.4. ENVEJECIMIENTO ACELERADO CON CALOR HUMEDO (ISO 5630/3:1985)

Las primeras investigaciones sobre la permanencia del papel fueron acompañadas de ensayos de envejecimiento acelerado, gracias a los cuales se pudieron estudiar, y se siguen estudiando, las distintas variables que afectan al deterioro del papel.

Los primeros ensayos de envejecimiento¹ se realizaron con calor seco, manteniendo las muestras a 100-105°C² durante diferentes periodos de tiempo, preferentemente 72 horas (Norma ISO 5630/1). Barrow (1963) incluso llegó a realizar equivalencias entre días de envejecimiento acelerado y años de envejecimiento natural (por ejemplo, 12 días = 100 años), pero hoy en día esta idea de equiparación temporal ha quedado completamente desestimada (Browning, 1977, 320).

Aunque algunas normas sobre permanencia se refieren al método de envejecimiento con calor seco (normas de Canadá, Dinamarca, Finlandia, India, Pakistán y Decreto italiano), en los últimos años ha sido muy criticado, por suponer una excesiva simplificación de las variables que influyen en el envejecimiento natural. Aún así, es la única forma relativamente asequible de realizar este tipo de ensayos (UNE 57-092/2, 1991, 1).

¹ *Testing Institute* del gobierno sueco y *U.S. Bureau of Standards*, entre 1925-35 (Browning, 1970, 18-38), y *W.J. Barrow Research Laboratory* (Barrow, 1960, 1963, 1964 y 1967).

² Esta es la temperatura máxima recomendable para un estudio de envejecimiento acelerado, pues es el límite máximo a partir del cual la celulosa comienza a descomponerse (Kraemer, 1973, 719).

Si se pretende comparar envejecimiento natural y envejecimiento acelerado, es imprescindible que éste se realice en presencia de humedad, ya que se ha demostrado que la degradación de la celulosa es sumamente sensible a esta variable (UNE 57-092/3, 1991, 1). También se recomienda que, para lograr una mayor representatividad en el caso de ambientes desfavorables, se aplique el contenido de humedad que existiría en la atmósfera natural; es por esto que, dentro de las múltiples posibilidades existentes, el porcentaje de humedad relativa más recomendado para los ensayos de envejecimiento acelerado sea 65% (UNE 57-092/4, 1991, 1).

Pese a todo, se ha demostrado que el simple control de temperatura y humedad en el envejecimiento acelerado es insuficiente, y que otros factores, como la luz y la contaminación ambiental, deberían ser tenidos en cuenta (ISO, 1994b; Daniel, Flieger y Leclerc, 1988 y 1991)

Ni la norma ISO 9706, ni la ANSI/NISO Z39.48 emplean los sistemas de envejecimiento artificial para determinar la permanencia de los papeles; ambas entienden que mediante los análisis que proponen se llegan a idénticas conclusiones sin tener que recurrir al envejecimiento artificial, descartado por requerir un tipo de maquinaria muy compleja, no accesible en muchas circunstancias, y un tiempo de experimentación excesivamente largo¹.

¹ Esta dificultad se puso de manifiesto en el transcurso de esta investigación; el problema de más difícil solución fue la disponibilidad de una cámara de envejecimiento con control de temperatura y humedad durante el tiempo establecido por las normas.

Aún así, y dada la importancia que ha tenido este tipo de ensayos en los estudios sobre la predicción de vida de los papeles, la norma ISO 9706, en su Anexo C (página 6), remite al envejecimiento acelerado en húmedo, a 80°C y 65% H.R., durante 24 días, estableciendo como indicio de permanencia la retención del 80% de la resistencia al desgarro, y suponiendo que los papeles que cumplen los requisitos por ella indicados, cumplirán también con esta condición.

Como método de ensayo para el envejecimiento acelerado, ISO 9706 se remite a la norma ISO 5630/3: 1985 *"Paper and board; Accelerated ageing; part 3: Moist heat treatment at 80° C and 65% relative humidity"*, muy similar a la norma española UNE 57.092/4: 1991 **"Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 4: Tratamiento con calor húmedo a 80° C y 65% de Humedad Relativa"**; equivalente a la versión de 1983.

A idéntica normativa (ISO 5630/3) se refiere la norma alemana DIN 6738 que, recordamos, establece un sistema para evaluar la duración de vida de los papeles basado exclusivamente en la determinación de la resistencia tras el envejecimiento acelerado.

Como método para nuestras ensayos remitimos a esta norma (ISO 5630/3: 1985) por ser la más ampliamente aceptada para investigaciones similares, pero somos conscientes de que los resultados obtenidos mediante ella no son totalmente representativos del envejecimiento natural, en el que, como se ha indicado, influyen otros importantes factores, como la luz y la

contaminación ambiental, que no han podido tenerse en cuenta en nuestro caso, pero que son vía abierta a futuras investigaciones¹.

Para el ensayo de envejecimiento acelerado se seleccionaron aleatoriamente 12 pliegos de cada muestra, de tamaño aproximado DIN A-3, excluyendo los "papeles sintéticos" (muestras 31 y 49) ya que al no ser de composición celulósica esta forma de ensayo no es pertinente.

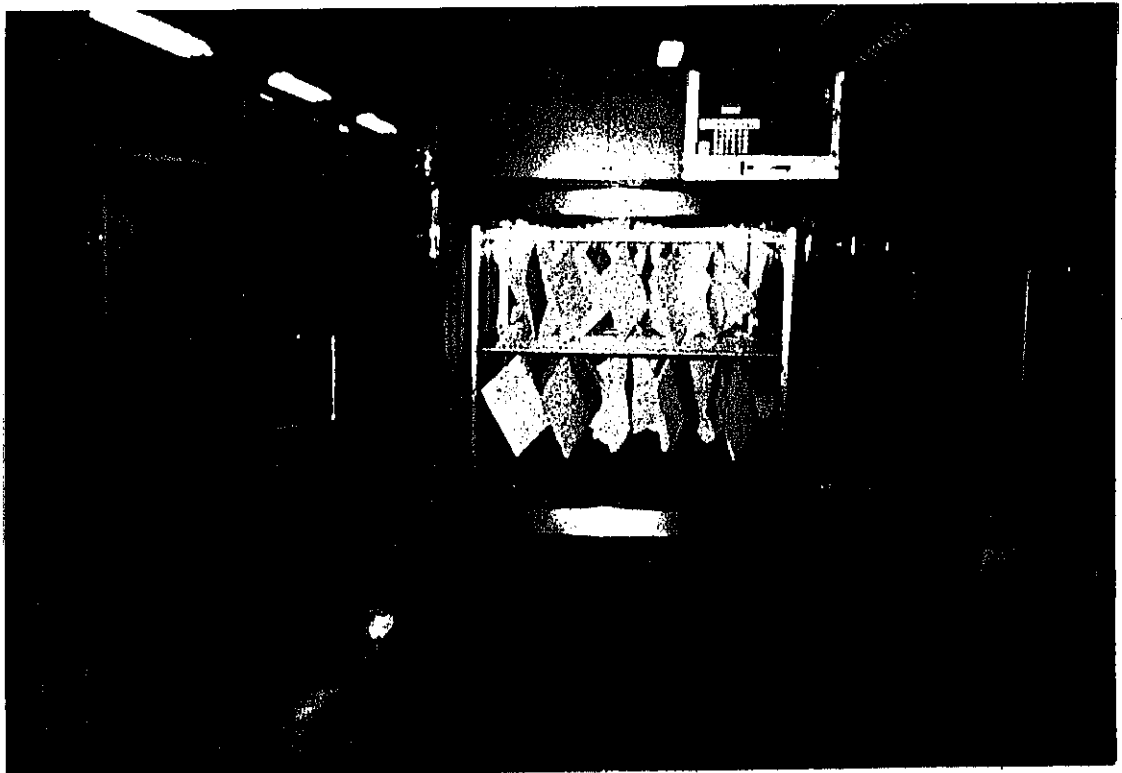


Fig. 70 - Cámara climática con muestras preparadas para el envejecimiento acelerado.

¹ ASTM está realizando una importante investigación: "*Research project to study the effects of aging on printing & writing papers*" (ISO, 1994b) con ánimo de predecir razonablemente la esperanza de vida de los papeles mediante envejecimiento artificial (Ver Cap. III, 2.2.1.1.)

Una vez marcadas todas las muestras con lápiz de grafito, para su posterior identificación, y colocadas en grupos según tipo de papel, se practicó un orificio en la esquina superior por el que se introdujo una cinta blanca de algodón. Las probetas fueron colgadas mediante esta cinta en las barras de dos parrillas de una cámara climática, quedando distribuidas de tal forma que permitiera la ventilación suficiente entre todos los papeles¹.

Colocadas todas las probetas, se introdujeron las parrillas en la cámara climática, sin que ningún papel estuviese en contacto con la superficie de ésta. La cámara, aclimatada previamente a 23°C y 30% HR, se programó para alcanzar en un momento preciso 80°C y 65% HR, y transcurridas exactamente 565 horas (24 días) se varió a la posición de acondicionamiento (23°C y 35% HR), en la cual se mantuvo durante 48 horas.

Finalizado el periodo de envejecimiento y aclimatación, se extrajeron las muestras y se llevaron al laboratorio de ensayos físicos, donde permanecieron acondicionadas según ISO 187 hasta que se procedió a realizar con ellas los ensayos de resistencia al desgarro y grado de blancura, de idéntica forma a la llevada a cabo anteriormente en las muestras sin envejecer (véase 4.3.1. y 4.3.2.).

Para los ensayos de envejecimiento acelerado se empleó una cámara climática programable con micropcesador (Prodicon plus), de la firma alemana Weiss Technik, modelo 1500 SB/+10 JU/40 DU. Este tipo de cámara climática reúne con creces todos los requisitos especificados en las normas ISO, UNE y DIN. El rango de temperaturas tolerable es de -40 a +180°C, y el de humedad de 15% a 95% H.R. La resolución de temperatura

¹ Dado el elevado número de muestras y la disponibilidad de la maquinaria, fue imposible seguir la recomendación de ISO 5630/3 de realizar un ensayo de envejecimiento acelerado independiente para cada tipo de papel. En todo caso, el método empleado asegura idénticas condiciones de envejecimiento para todas las muestras analizadas.

es de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ y la de humedad de $\pm 1\%$ H.R., el gradiente de calentamiento es de 2,5 grados C/min. y el de enfriamiento de 2,5 grados C/min. Las dimensiones internas de esta cámara son de $950 \times 1100 \times 1475$ mm, y su capacidad de 1560 litros (*Weiss Umwelttechnik GmbH, s.a*)¹.

Tras la determinación del grado de blancura (UNE 57-62) y de la resistencia al desgarro (ISO 1974) en los papeles envejecidos, se compararon los resultados obtenidos en las muestras sin envejecer estimando la retención de las propiedades ópticas y mecánicas.

Los resultados obtenidos tras el envejecimiento acelerado, referidos a la retención del grado de blancura y de la resistencia al desgarro, y transformados según indicaciones de la norma DIN 6738, se comentan a continuación.

4.4.1 Retención de la resistencia al desgarro

Los datos sobre la **resistencia al desgarro** en los papeles envejecidos y sin envejecer aparecen en los Gráficos 13 a 15. En ellos se pueden apreciar las diferencias en el sentido transversal de fibras (Nº 13), en el longitudinal (Nº 14), y en la media entre ambas direcciones (Nº 15).

¹ La puesta a punto de la cámara de aclimatación, arranque, control de estabilidad de temperatura y humedad, paso a fase de aclimatación y apagado, fueron supervisados por los técnicos del laboratorio de ensayos de ITSEMAP (ITSEMAP Fuego - División de investigación y ensayos. Fundación Mapfre.).

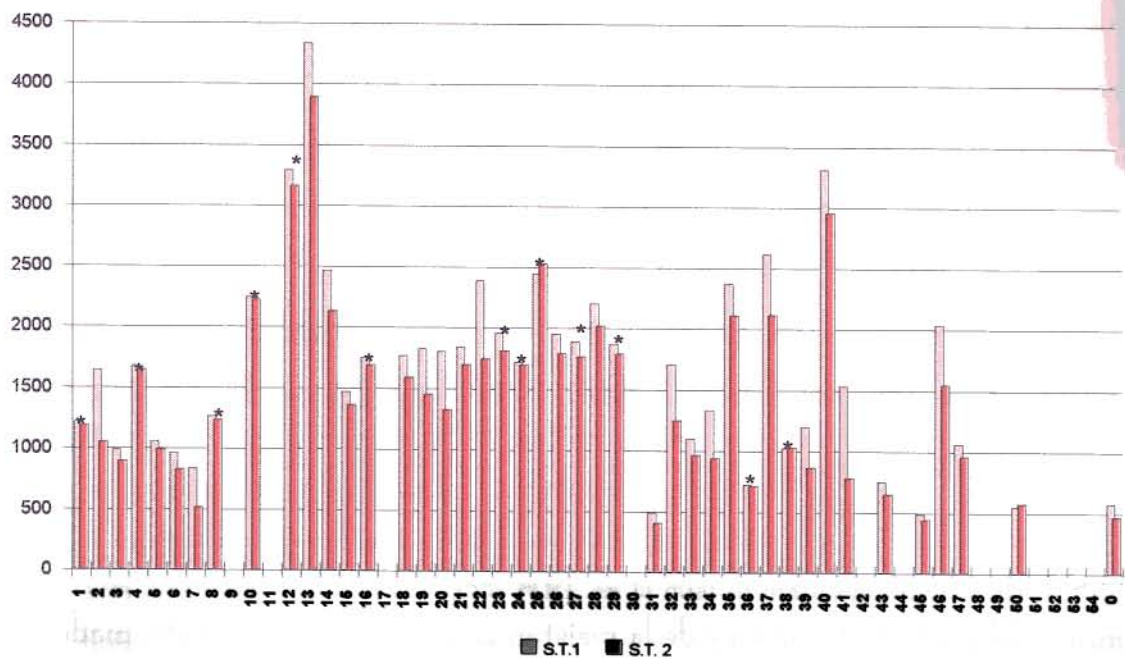


GRAFICO 13 - Resistencia al desgarro (mN) antes (S.T.1) y después (S.T.2) del envejecimiento, en sentido transversal. (*)=Diferencias no significativas.

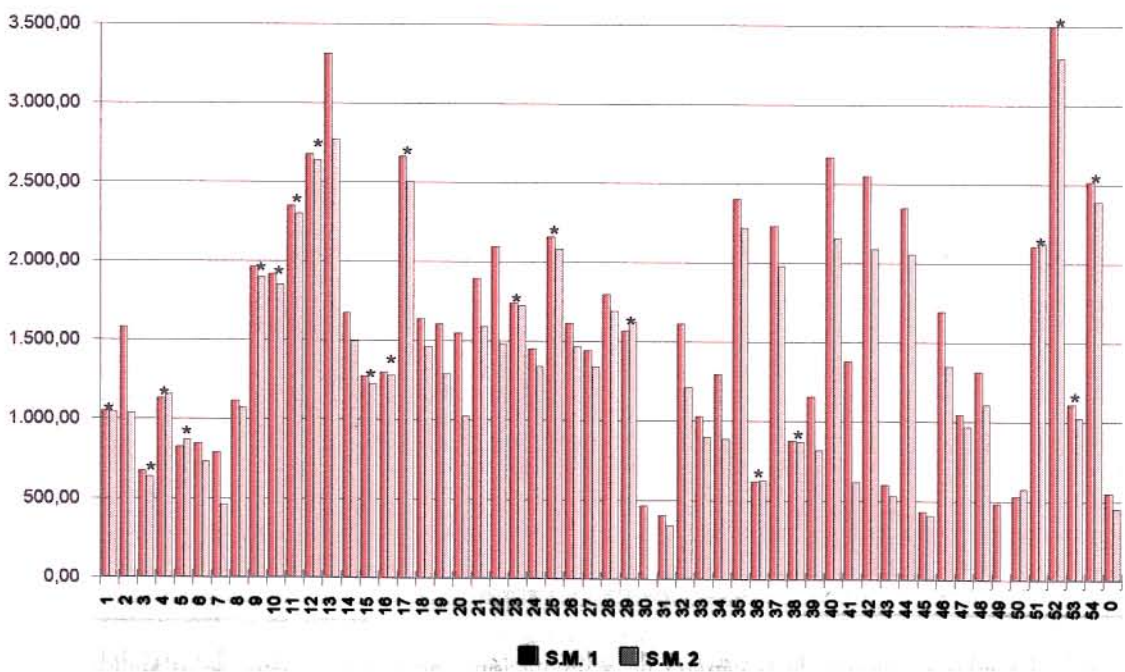


GRAFICO 14 - Resistencia al desgarro (mN) antes (S.M. 1) y después (S.M. 2) del envejecimiento, en sentido longitudinal. (*)=Diferencias no significativas

En función de las propiedades iniciales (A), y las obtenidas tras el envejecimiento (B), se calcula el **porcentaje de retención** de la resistencia al desgarro ($\frac{B}{A}$) o de pérdida ($1 - \frac{B}{A}$). En los Gráficos 16 a 18, y en la Tabla Comparativa A, se indica el porcentaje de retención de las propiedades mecánicas, en sentido transversal (Gráfico 16), longitudinal (Gráfico 17), y en la media de ambos sentidos ordenada descendientemente (Gráfico 18).

Comparando los resultados, podemos comprobar cómo todos los papeles disminuyen su resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado, excepto las muestras 50 y 51, y las 4, 5, 25, 29, 36 y 38, que lo hacen en una sola dirección de fibras, aunque en la media de ambas direcciones apenas se aprecien diferencias.

Para poder determinar si las diferencias que aparecen entre los papeles envejecidos y sin envejecer son relevantes, se ha realizado un **estudio estadístico** de los resultados¹.

¹ Para comprobar fehacientemente la veracidad de cualquier afirmación experimental, es necesario recurrir a los análisis estadísticos. En la mayoría de los manuales de ensayos y análisis del papel vienen descritas las aplicaciones en el campo que nos ocupa. Por ejemplo Navarro (1972) dedica el Capítulo 4º a este asunto ("El cálculo estadístico en los ensayos del papel"), afirmando que "la matemática estadística aplicada a la industria papelera, permite el estudio de las dispersiones de los resultados, la comparación entre muestras...; determinar correlaciones, el estudio de los errores...y el control de la fabricación..."(p. 81).

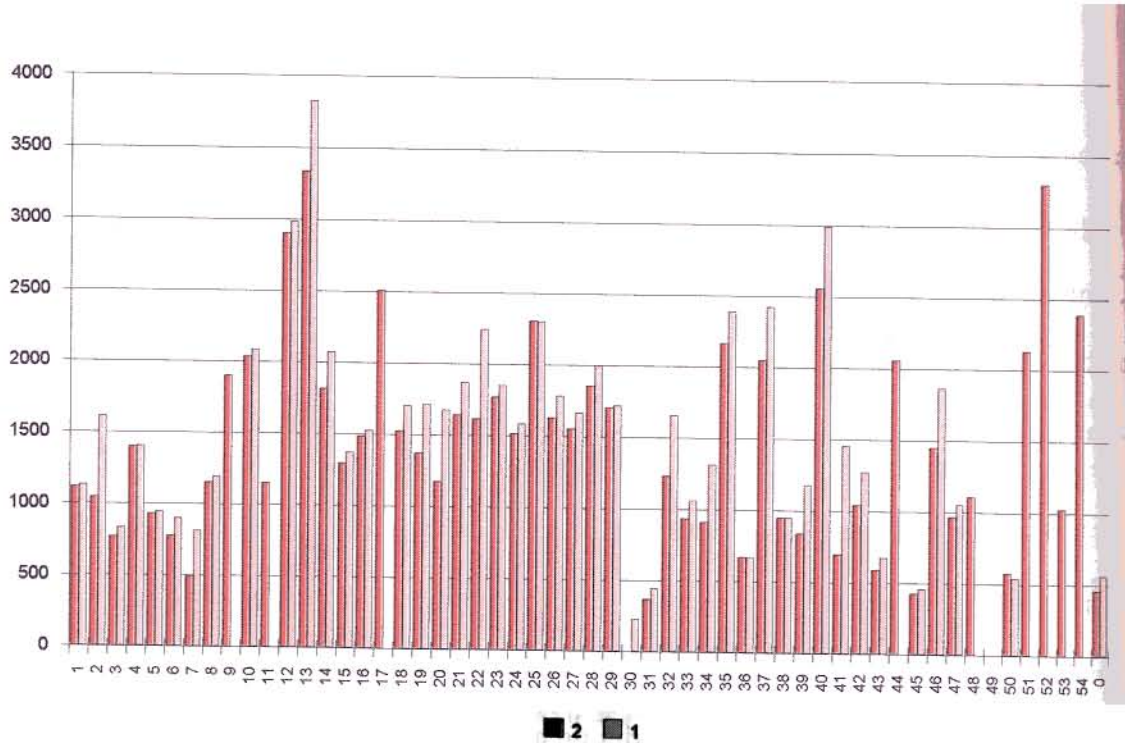


GRAFICO 15 - Resistencia al desgarro media (mN) entre ambas direcciones de fibra; antes (1) y después (2) del envejecimiento.

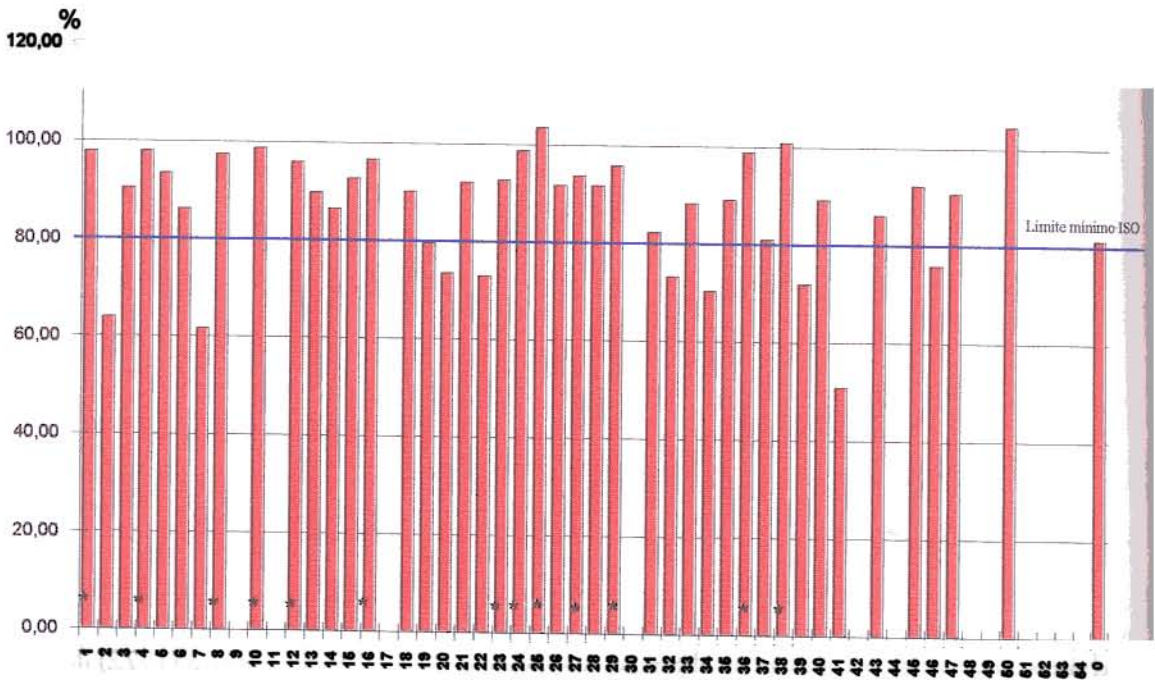


GRAFICO 16 - Retención de la resistencia al desgarro en sentido transversal
(*) = Diferencias no significativas

Para ello se ha llevado a cabo un análisis de varianza de los resultados de cada papel mediante un programa informático (Minitab¹). A partir de estos datos, mediante el método de diferencias significativas mínimas², se ha calculado, con un nivel de confianza³ del 95%⁴, si las variaciones que aparecen en las mediciones antes y después del envejecimiento acelerado son estadísticamente significativas⁵.

Los datos de cada tipo de papel aparecen en las fichas de resultados individuales (Anexo); en la Tabla Comparativa A se han sombreado en azul las casillas de las muestras donde no aparecieron diferencias significativas; en los gráficos de resistencia al desgarro han quedado señaladas con un asterisco (*).

¹ MINITAB. Data Analysis Software. Release 7.1. - Standard Version. 1989.

² Según Little y Hills (op. cit. p. 68): "La diferencia significativa mínima puede utilizarse para comparar medias adyacentes, y la mayoría de los especialistas coinciden en que ésta es adecuada para comparar un tratamiento estándar con otros tratamientos".

³ Para Smook: "La precisión de exactitud de cualquier ensayo se puede definir estadísticamente en términos de una desviación normalizada o por límites de confianza estadística...El nivel de confianza indica estadísticamente con qué frecuencia caerá el valor verdadero dentro de un intervalo especificado" (316).

⁴ Un 95% de nivel de confianza es un margen adecuado para los ensayos realizados en nuestro estudio experimental; a modo orientativo, Smook (317), recoge en una tabla la precisión esperable o porcentaje de variación que suele darse en ensayos de resistencia comunes (entre ellos el desgarro) en pulpa mecánica. Navarro (1972, 98) también indica el número de lecturas necesarias en cada ensayo mecánico para alcanzar un nivel de confianza del 95% (en el caso del desgarro, tal como nosotros hemos hecho, son 10), y los límites de coeficiente de variación que cabe esperar en distintos ensayos experimentales sobre papel.

⁵ "Cuando un experimentador aplica la frase '*los tratamientos son significativamente diferentes*', realmente está diciendo que ... las probabilidades de obtener tales diferencias de medias del tratamiento son sólo de un 5%. Está afirmando que no hubo tal probabilidad de ocurrencia en su experimento y que, por tanto, el resultado significativo se debió a un efecto real del tratamiento" (Little y Hills, 1987, 51).

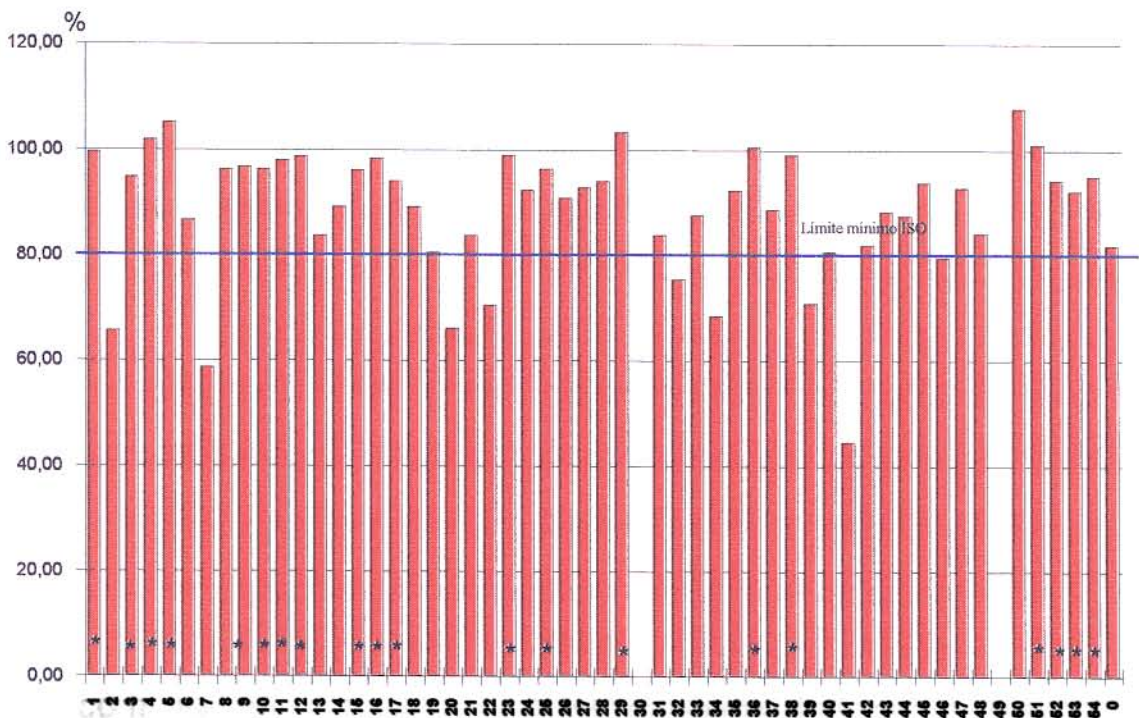


GRAFICO 17 - Retención de la resistencia al desgarro en sentido longitudinal

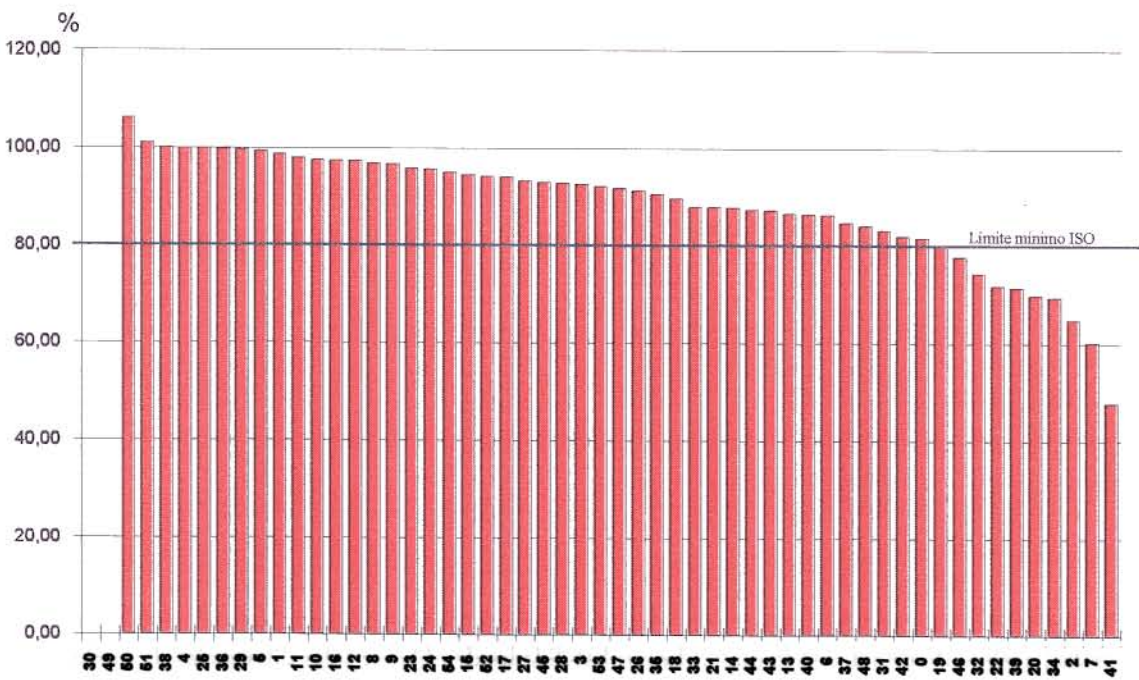


GRAFICO 18 - Porcentaje de retención de la resistencia al desgarro, en orden descendente

Tras el análisis de varianza podemos ver que:

- 35 muestras presentan pérdidas significativas de resistencia al desgarrro antes y después del envejecimiento en alguna dirección de fibra:
 - 3 presentan diferencias significativas sólo en sentido longitudinal (8, 24, 37)
 - 3 presentan diferencias significativas sólo en sentido transversal (3, 5 y 15)
- Un total de 17 muestras no presentan, para ambas direcciones de fibra, ninguna diferencia significativa entre la resistencia al desgarrro antes y después del envejecimiento
- Una muestra (n° 50) aumenta su resistencia al desgarrro tras el envejecimiento.

Esto podría llevarnos a suponer que un 32% de los papeles no ha variado su resistencia al desgarrro tras el envejecimiento, indicando unas excelentes características. Sin embargo, no podemos afirmarlo categóricamente; es posible que en algunos casos no se haya podido comprobar estadísticamente la diferencia con un nivel de seguridad mínimo de 95%, debido a la gran dispersión de datos¹. El indicar que no existe diferencia significativa entre dos medias no implica que estas sean necesariamente iguales.

Lo que podemos afirmar, con una probabilidad de acierto mínima del 95%, es que el 66% de los papeles analizados (35 muestras) presentaron pérdidas de resistencia significativas tras el envejecimiento.

Fuera de este grupo se encuentra la muestra n° 50, un "papel barrera", destinado a la conservación, por su alta resistencia ante el envejecimiento. En este caso, la resistencia al desgarrro, en contra de lo que

¹ Patente en el caso de los papeles hechos a mano, en los que la obtención de unos resultados de resistencia comparativamente fiables queda limitada ante la gran variación de peso entre cada una de las probetas.

cabría esperar, ha aumentado cerca de un 10% tras los ensayos de envejecimiento. Esta circunstancia, poco común, tampoco es completamente extraña, ya que los procesos de envejecimiento acelerado pueden provocar, por efecto del calor, una deshidratación de la celulosa que aumentará la rigidez y, por tanto, la resistencia al desgarro (Smook, 81).

Los cambios de resistencia de los papeles tras el envejecimiento acelerado varían desde este excepcional aumento de un 10%, hasta la pérdida de más de 55% de las propiedades iniciales (muestra 41). La mayoría de los papeles se sitúan con una retención entre 94 y 80%, y sólo 10 (19% del total) pierden más de 20 % de la resistencia inicial, incluyendo el n°19, que con una retención de 79,7% en el sentido transversal, queda en el límite de lo aceptable.

Según lo anteriormente expuesto, cabría predecir una muy buena permanencia para el grueso de los papeles analizados, sin embargo, estos resultados deben interpretarse con precaución pues, como queda reconocido por parte de todos los autores consultados, la retención de la resistencia al desgarro no es una de las medidas más sensibles al envejecimiento artificial.

De hecho, el análisis empleado tradicionalmente para realizar estos estudios comparativos es la resistencia al plegado pero, a pesar de ser donde se manifiesta más ostensiblemente la pérdida de las propiedades mecánicas, es un ensayo muy poco preciso, con un coeficiente de variación muy elevado (Smook, 1990, 317 y 324; Browning, 1977, 319-320; Navarro, 1972, 98 y 234). Baste indicar cómo para conseguir un nivel de seguridad del 95%, son suficientes 10 lecturas para los ensayos de desgarro, frente a 200 en los de plegado (Navarro, 1972, 76 y 78).

4.4.2. Adaptación de DIN-6738: "El factor de duración de vida"¹

La norma alemana DIN-6738 "*Papier und Karton: Lebensdauer-Klassen*" determina las "clases de vida útil" de papeles y cartones con fines de escritura, imprenta y dibujo; para ello recurre a la comparación entre las propiedades de alargamiento a la rotura, resistencia a la tracción y resistencia al desgarró, antes y después del envejecimiento acelerado a 80°C y 65% H.R., durante 6, 12 y 24 días.

La esperanza de vida máxima se establece en función del comportamiento ante el envejecimiento durante 24 días, cuando se obtiene un factor de duración de vida (f_L) mínimo de 0,85 según:

$$\frac{(RE - MA)}{(AE - MA)} \text{ ————— }$$

Siendo:

- RE la resistencia tras el envejecimiento acelerado.
- AE la resistencia inicial
- MA las exigencias mínimas de resistencia.

Esta fórmula se calcula para los tres ensayos de resistencia (desgarro, tracción y alargamiento).

¹ *Lebensdauerfaktor.*

En nuestro caso contamos sólo con el cálculo relativo a la resistencia al desgarro, de manera que la determinación del factor de duración de vida se hará sólo respecto a esta variable (f_L -D: Factor de duración de vida según el desgarro).

Para establecer una duración de vida de al menos 100 años, se requiere un f_L mínimo de 0,80 tras un envejecimiento durante 12 días; aunque sólo disponemos de los datos tras 24 días, podemos asegurar que si en este caso se cumplen dichas condiciones, podremos contar, como mínimo, con esta esperanza de vida. Igual podemos decir en el caso de una permanencia de al menos 100 años, donde se necesita un f_L de 0,70 tras 6 días de envejecimiento, o de una esperanza de 50 años, con un f_L 0,40 en idénticas condiciones.

Con esta operación se pretende realizar una **aproximación a la norma DIN 6738**, según la cual, tras un envejecimiento de 24 días, analizando exclusivamente la resistencia al **desgarro**, podemos determinar que:

- Un f_L -D (factor de duración de vida según el desgarro) mínimo de 0,80, supone la posibilidad de alcanzar una esperanza de vida máxima.
- Un f_L -D mínimo de 0,80 supone la posibilidad de alcanzar una esperanza de vida de varios cientos de años.
- Un f_L -D mínimo de 0,70 supone la posibilidad de alcanzar una esperanza de vida de al menos 100 años.
- Un f_L -D mínimo de 0,40 supone la posibilidad de alcanzar una esperanza de vida mínima de 50 años.

- No se puede esperar que los papeles con un f_L-D inferior a los tramos indicados lleguen a alcanzar la esperanza de vida correspondiente a estos.

Mediante este sistema, también podemos ordenar los papeles según su factor de duración en el desgarro, esperando que el resultado guarde alguna relación con su grado de permanencia.

El cálculo del factor de duración de vida en el desgarro (f_L-D) se ha realizado, según la norma DIN 6738, a partir de la resistencia al desgarro en el sentido longitudinal, antes y después del envejecimiento acelerado, teniendo en cuenta que las exigencias mínimas para este caso son 50 mN. :

$$f_L-D = \frac{\text{Resistencia al desgarro tras el envejecimiento} - 50}{\text{Resistencia inicial al desgarro} - 50}$$

Los resultados aparecen en los Gráficos n° 19 y 20, ordenados según el tipo de papel, y de menor a mayor factor de duración de vida en el desgarro.

En la Tabla Comparativa A, los papeles con un f_L-D mínimo de 0,85 aparecen sombreados en azul, y los f_L-D 0,80 en verde.

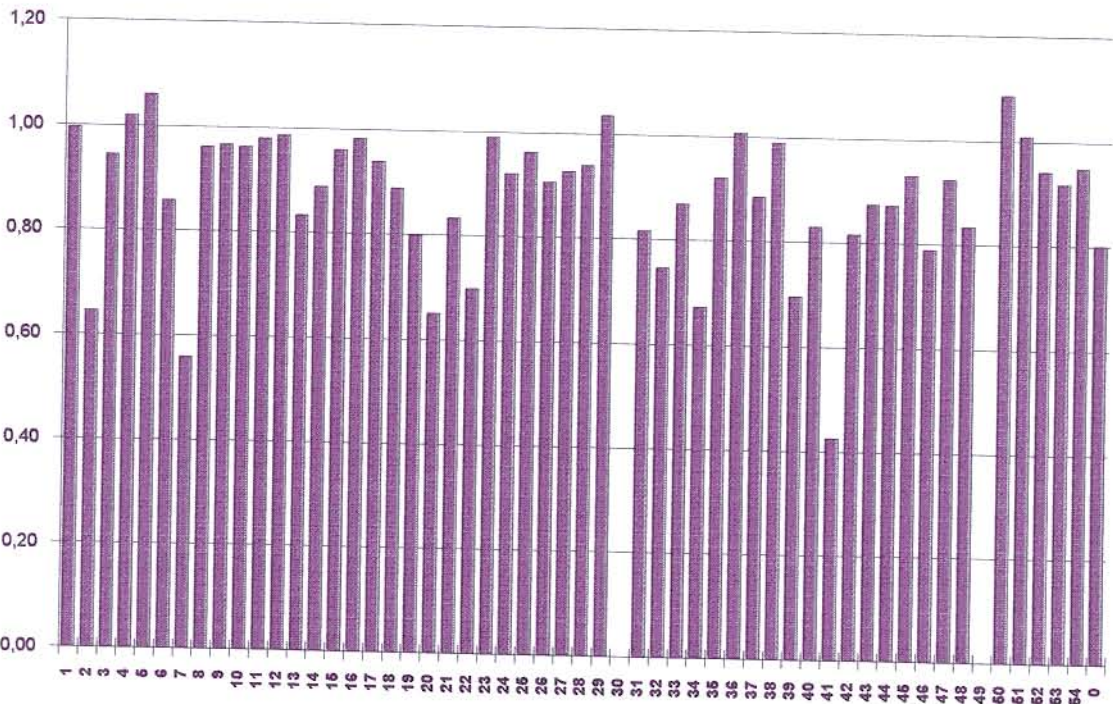


GRAFICO 19 - Factor de duración de vida según adaptación a DIN 6738 (f_{L-D})

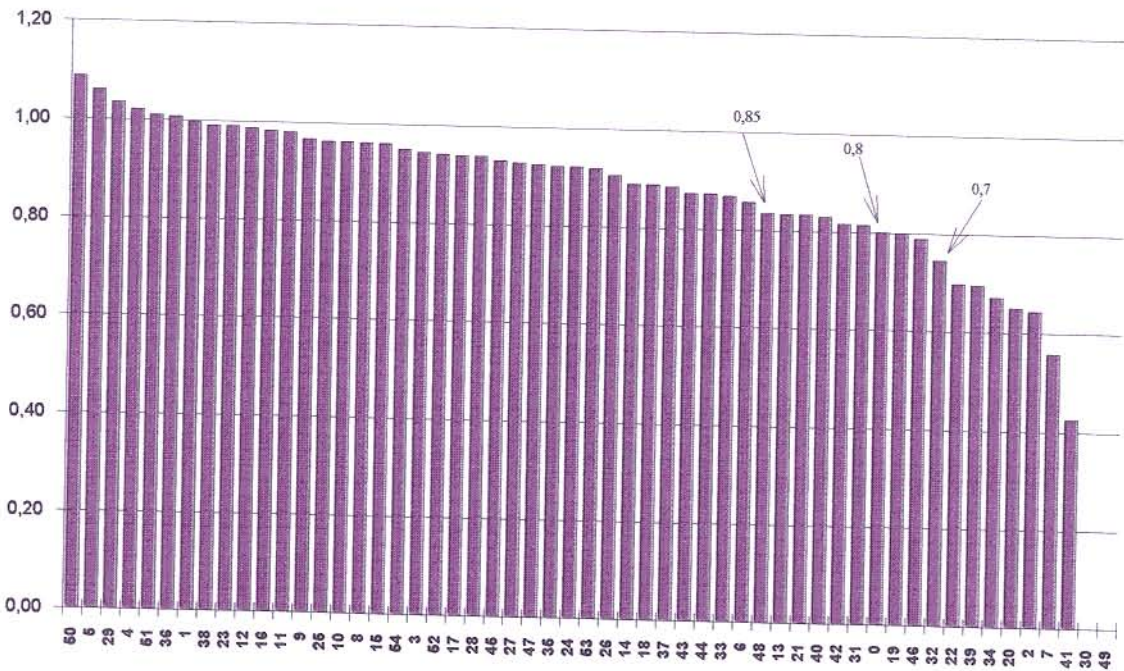


GRAFICO 20 - Factor de duración de vida según adaptación a DIN 6738 (f_{L-D}) (Idem 19) en orden ascendente

Como podemos observar, los resultados son bastante halagüeños:

- 36 papeles (68%) tienen la posibilidad de alcanzar una permanencia máxima ($f_L > 0,85$),
- 32% del total no podrá alcanzar el grado máximo de permanencia, aunque esto no implica que no puedan durar al menos varios cientos de años
- 8 papeles (15%) tienen la posibilidad de alcanzar una esperanza de vida de varios cientos de años ($f_L > 0,80$)
- entre los 9 papeles que no alcanzan un f_L -D de 0,80:
 - Cuatro llegan a un 0,70 , por lo que se supone una posible permanencia mínima de 100 años,
 - Cinco restantes se sitúan entre éste límite y 0,40 (esperanza mínima probable de 50 años).

De todas maneras, hay que recalcar que los papeles que cumplen los requisitos respecto a la resistencia al desgarrar (f_L -D), los pueden incumplir en el alargamiento a la rotura y resistencia a la tracción, por lo que estos datos sólo suponen una aproximación que, por arriesgada, no puede generalizarse.

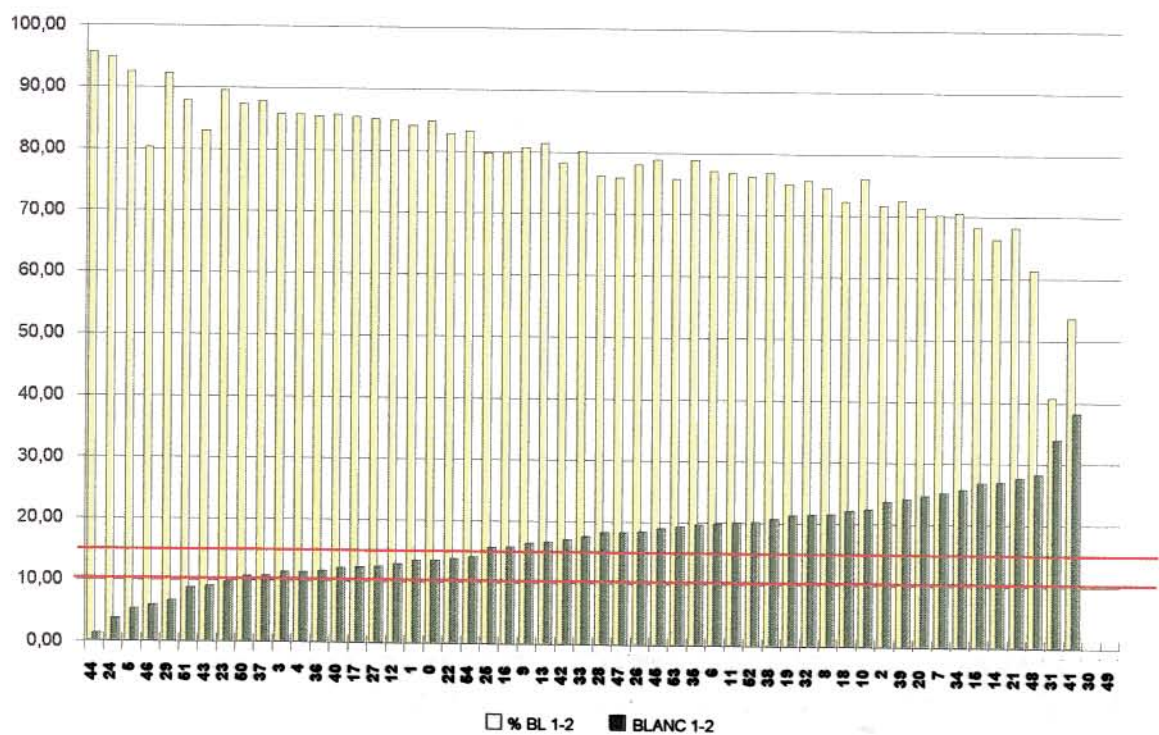


GRAFICO 21: Reversión de blancura ordenada de menor a mayor y porcentaje de retención de blancura (% 1-2) inicial

4.4.3. Resistencia al amarilleamiento

Para determinar la variación de la blancura de un papel antes y después del envejecimiento se emplea como medida la "reversión de la blancura", es decir, la diferencia, en puntos, entre la blancura inicial y posterior (Smook, 1970, 324). Al ser ambas medidas, inicial y final, porcentajes (porcentaje de blancura respecto a un blanco patrón), su diferencia (reversión de blancura), también es un porcentaje.

Los resultados de los análisis de blancura (factor de reflectancia en el azul: grado de blancura UNE, según UNE 57.062), aparecen en el Gráfico 22, donde se comparan las determinaciones antes y después del envejecimiento.

En la medición de la resistencia al envejecimiento de las propiedades mecánicas (resistencia al desgarró), el porcentaje quedaba referido al valor inicial de cada muestra; en la medida de reversión de la blancura el porcentaje se relaciona con un patrón común.

En lugar de la medida de reversión (blancura inicial - blancura final) podría hallarse el **porcentaje de pérdida de blancura**, o de retención (blancura final/blancura inicial) pero los resultados no son coincidentes: se ven alterados por el tono original de la muestra, maximizando las diferencias en los papeles más oscuros (véase, por ejemplo, el puesto del papel n° 46 -papel kraft- en el Gráfico 21).

En el Gráfico 21 se muestran las medidas de reversión ordenadas de menor a mayor, junto con su correspondiente porcentaje de retención de la blancura inicial.

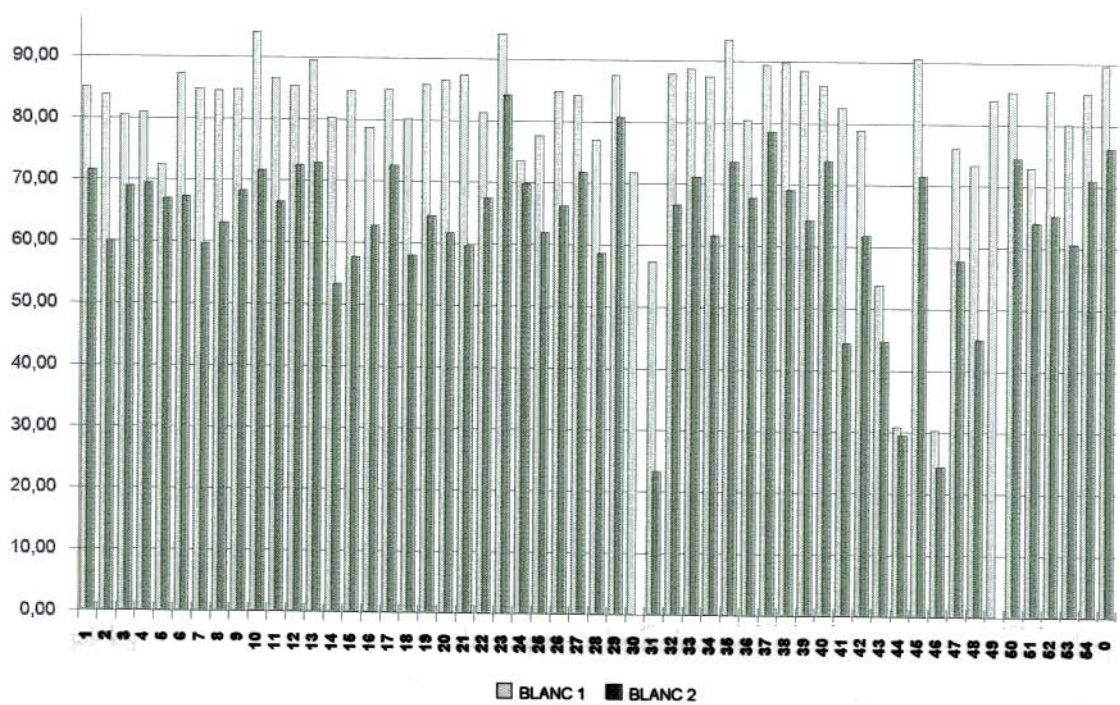


GRAFICO 22: Grado de blancura antes (1) y después (2) del envejecimiento

Como podemos observar, la pérdida de blancura de los papeles analizados, a pesar de tratarse de un ensayo en el que no ha intervenido ninguna fuente lumínica, es bastante trágica. En la mayoría de los papeles el alto grado de amarilleamiento es evidente:

- 32 de ellos (más de 60% de la muestra) manifiestan una reversión de la blancura muy perceptible, superior a 15 puntos
 - 2 muestras llegan a superar los 30 puntos; la muestras 31, (38 puntos) y la 41, (32 puntos) con un porcentaje de pérdida de propiedades ópticas de 60% y de 46% respectivamente.

Respecto al resto de muestras:

- 13 (25%) tienen una reversión entre 10 y 15 puntos (medianamente perceptible)
- En sólo 8 (15%) la pérdida es menor de 10 (poco o escasamente perceptible).

En la Tabla Comparativa A aparecen sombreados en verde los papeles con reversión menor a 10, y en amarillo los que se encuentran entre 10 y 15 puntos.

Un análisis visual de las muestras tras el envejecimiento acelerado, nos indica la aparición de un problema no tenido en cuenta en la medida de reversión del color: la existencia de moteado o "foxing" en algunas de las probetas. Cuatro de los 53 tipos de papel analizados muestran este problema (papeles n° 20, 21, 22 y 42).

Las condiciones climáticas de la cámara de envejecimiento (80°C y 65% H.R.), en las que ha aparecido el moteado, concuerdan con las últimas hipótesis apuntadas sobre este fenómeno (Hideo *et al.*, 1990), donde se afirma que para la aparición del "foxing" es necesaria una humedad superior al 75% y una temperatura mínima de 35 °C.

5. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para poder comparar los datos obtenidos en los diferentes análisis y su grado de adecuación según distintos criterios, se ha confeccionado un cuadro (Tabla Comparativa A), donde aparece cada tipo de papel con sus resultados, sombreados en verde cuando son acordes a la pauta de referencia, en amarillo cuando quedan en los límites, y en azul cuando superan el rango previsto.

El sombreado en verde/azul a lo largo de toda una muestra indica su adecuación desde todos los puntos de vista estudiados y, por tanto, una buena permanencia. La coincidencia de resultados entre las diferentes pautas seguidas presenta el grado de concordancia de dichos criterios.

En la Tabla Comparativa A aparecen los requisitos propuestos según ISO 9706 y ANSI/NISO Z39.48, coincidentes en el caso de los análisis de reserva alcalina e índice Kappa¹; las indicaciones sobre retención de la resistencia mecánica tras el envejecimiento acelerado propuestas por ISO 9706 en su Anexo C, el factor de "esperanza de vida al desgarrar (f_L-D)", según adaptación de la norma DIN 6738 y la reversión de blancura tras el envejecimiento con calor húmedo.

¹ Recordamos cómo aunque los límites de índice Kappa para ambas normas son distintos, ningún valor queda entre ellos, por lo que los resultados son coincidentes.

TABLA COMPARATIVA A

Adecuación de las muestras analizadas a los criterios de permanencia

Nº	Des T1	Des M1	Acidez1	CaCO3	Kappa	ID T1	ID M1	pH1	%T 1-2	%M 1-2	fl-D1	BL 1-2	Nº
1	1.216	1.048	8,2	4,4	<3	7,70	6,64	1	97,90	99,63	1,00	13,50	1
2	1.642	1.579	7,5	-0,2	<3	7,44	7,15	0	64,04	65,59	0,64	23,75	2
3	992	673	8,4	1,6	<3	10,85	7,37	1	90,51	94,87	0,94	11,41	3
4	1.678	1.132	8,2	1,6	<3	13,06	8,82	1	98,01	101,91	1,02	11,47	4
5	1.061	826	7,7	0,3	<3	6,77	5,27	1	93,54	105,21	1,06	5,41	5
6	961	844	8	5,3	<3	8,94	7,85	1	86,28	86,62	0,86	19,91	6
7	838	789	5,5	0,2	<3	9,13	8,59	0	61,68	58,70	0,56	25,26	7
8	1.268	1.114	7,8	1,4	<3	7,88	6,93	1	97,52	96,30	0,96	21,54	8
9	---	1.964	7,1	0,2	<3	---	12,81	1	---	96,76	0,97	16,41	9
10	2.247	1.921	8,1	1,6	<3	9,24	7,90	1	98,86	96,32	0,96	22,44	10
11	---	2.351	7,5	3,5	<3	---	7,04	1	---	98,00	0,98	20,10	11
12	3.292	2.676	7,7	5,3	<3	10,94	8,89	1	96,07	98,68	0,99	12,85	12
13	4.336	3.312	8,3	5,3	<3	11,89	9,08	1	89,86	83,65	0,83	16,63	13
14	2.468	1.676	7,6	0,2	<3	8,60	5,84	1	86,49	89,23	0,89	26,96	14
15	1.472	1.275	7,3	2,2	<3	7,89	6,84	1	92,80	96,15	0,96	26,87	15
16	1.752	1.299	8	3,8	<3	8,67	6,42	1	96,64	98,34	0,98	15,84	16
17	---	2.665	6,8	0,1	<3	---	8,68	0	---	94,06	0,94	12,34	17
18	1.766	1.636	6,4	0,1	4,1<5	7,19	6,67	0	90,22	89,21	0,89	22,18	18
19	1.827	1.603	5,2	0,1	<3	7,54	6,62	0	79,70	80,54	0,80	21,32	19
20	1.805	1.548	7,9	-0,1	<3	7,06	6,06	0	73,59	66,16	0,65	24,73	20
21	1.842	1.895	5,9	0	<3	6,37	6,55	0	92,23	83,75	0,83	27,70	21
22	2.388	2.099	5,4	-0,2	<3	10,32	9,07	0	73,13	70,56	0,70	13,86	22
23	1.960	1.740	7,6	1	<3	7,59	6,74	1	92,69	98,98	0,99	9,75	23
24	1.719	1.450	8,5	3,8	<3	6,84	5,77	1	98,86	92,42	0,92	3,74	24
25	2.443	2.160	7,3	0,6	<3	9,64	8,52	1	103,53	96,37	0,96	15,70	25
26	1.952	1.613	7	0,7	<3	8,22	6,79	1	91,86	90,87	0,91	18,58	26
27	1.887	1.442	6,8	0,5	<3	8,15	6,23	1	93,76	92,92	0,93	12,51	27
28	2.199	1.797	7	0,3	<3	9,01	7,36	1	91,79	94,10	0,94	18,31	28
29	1.872	1.566	7,6	0	<3	6,23	5,21	1	95,91	103,39	1,03	6,76	29
30	---	465	6,3	0	---	---	5,19	0	---	---	---	---	30
31	491	403	5,3	-0,1	<3	4,51	3,70	0	82,52	83,86	0,82	33,97	31
32	1.705	1.611	5,6	0	<3	10,00	9,45	0	73,30	75,40	0,75	21,42	32
33	1.099	1.028	7,7	1	<3	8,57	8,02	0	88,40	87,60	0,87	17,55	33
34	1.334	1.293	4,8	-0,1	<3	7,65	7,41	0	70,44	68,44	0,67	25,77	34
35	2.368	2.404	6,2	0,2	<3	9,31	9,45	0	89,15	92,32	0,92	19,69	35
36	723	623	9,4	19	>7	7,57	6,52	1	98,92	100,63	1,01	11,68	36
37	2.613	2.233	6,2	0,1	<3	8,70	7,44	0	81,08	88,75	0,88	10,81	37
38	1.024	877	8,3	1,2	<3	6,07	5,20	1	100,96	99,11	0,99	20,70	38
39	1.203	1.154	5,8	-0,1	<3	7,56	7,25	0	72,10	70,92	0,70	24,19	39
40	3.312	2.570	7,4	1,5	<3	14,44	11,65	1	89,34	83,82	0,83	12,18	40
41	1.536	1.379	4,6	-0,3	<3	19,85	17,82	0	50,92	44,67	0,43	38,23	41
42	---	2.551	7,4	0,2	<3	0,00	40,81	1	---	82,00	0,82	17,11	42
43	752	601	6,8	0,2	>7	29,85	23,86	0	86,26	88,42	0,87	9,12	43
44	---	2.352	7,6	2,3	>7	---	11,69	1	---	87,52	0,87	1,35	44
45	485	434	4,2	-0,1	<3	6,07	5,43	0	92,31	93,89	0,93	19,10	45
46	2.037	1.695	6,9	0,2	>7	14,70	12,24	0	76,01	79,51	0,79	5,99	46
47	1.063	1.044	8,5	21	<3	7,15	7,02	1	90,77	92,85	0,92	18,34	47
48	---	1.314	7,7	1,5	4<5	---	6,49	1	---	84,17	0,84	28,33	48
49	---	488	8	11,1	---	---	5,27	1	---	---	---	---	49
50	551	533	7,8	2,8	<3	6,94	6,71	1	104,45	107,92	1,09	10,74	50
51	---	2.109	7,3	0,7	<3	---	9,78	1	---	101,02	1,01	8,85	51
52	---	3.498	7,2	0,9	<3	---	9,98	1	---	94,28	0,94	20,26	52
53	---	1.113	7	0	<3	---	10,71	1	---	92,23	0,92	19,37	53
54	---	2.518	6,7	0,1	<3	---	16,15	1	---	95,02	0,95	14,17	54
0	576	553	6,4	0	<3	6,29	6,05	0	81,43	81,92	0,80	13,55	0

Excel.
Bueno
Límite
Malo

Des T1/Des M1= Resistencia al desgarro
Transv. / Long. (mN)

IDT1 / IDM1= Índice de desgarro, transv. / long.

%T1-2 / %M1-2= Retención resistencia transv./log.

Bl 1-2= Reversión de blancura.

Acid 1= pH ; extracción acuosa.

CaCO3= Reserva alcalina tras desacidif. (%)

pH 1=pH ; por contacto

Kappa= Índice Kappa

fl-D1= Factor de duración de vida (desg).

5.1. PERMANENCIA Y RELACIÓN ENTRE LOS CRITERIOS

5.1.1. Visión general de adecuación a los criterios

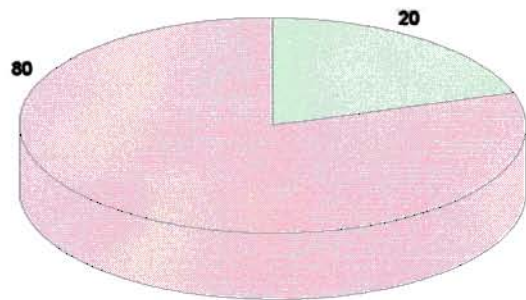
Como resumen indicativo de la permanencia de los papeles analizados, podemos constatar cómo sólo 10 de ellos cumplen con los requisitos de ISO-9706, y 11 con los de ANSI/NISO Z39.48, incluyendo los papeles sintéticos, en los que no se ha podido determinar el número Kappa.

La pequeña discrepancia aparecida entre las normas ISO y ANSI/NISO es debida a una muestra que presenta una medida de acidez en el límite con los resultados positivos; dado que posee una suficiente reserva alcalina, podemos pasar por alto este hecho y tomar como aceptable el resultado. Así tendríamos que un 20% de las muestras pueden ser consideradas permanentes según las normas ISO y ANSI/NISO (Gráfico 23.1).

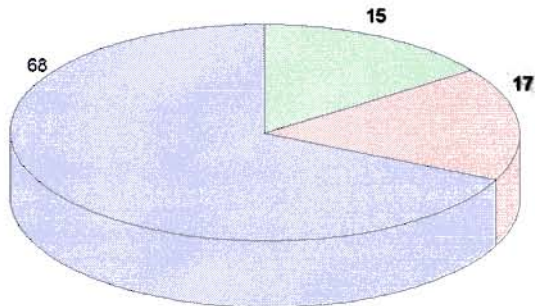
Frente a la escasa cantidad de papeles que pueden ser considerados permanentes según ISO y ANSI/NISO, se advierte que un número cuatro veces mayor supera las pruebas de envejecimiento según **retención del desgarró**: 44 tipos de papel retienen como mínimo el 80% de las propiedades iniciales de resistencia al desgarró, obteniendo 36 de ellos una máxima "esperanza de vida según el desgarró" ($f_{L-D} > 85$). Sólo 9 podrían considerarse como inadecuados, al perder más del 20% de su resistencia inicial. Este tipo de ensayo no ha podido efectuarse en el caso de los papeles sintéticos.

Gráfico 23 - Adecuación de las muestras a distintos criterios de permanencia

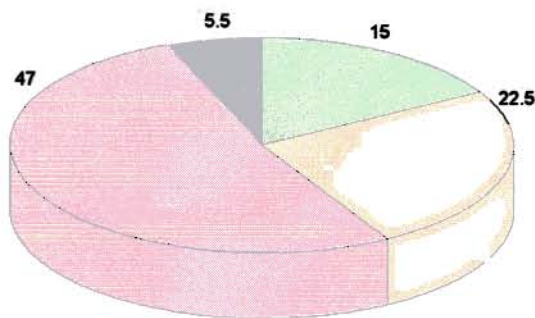
23.1. ISO 9706 y ANSI/NISO Z 39.48



23.2. Retención Desgarro tras V.A.H.



23.3. Reversión Blancura tras V.A.H.



	Excelente		Adecuado		Regular		Inadecuado		Pésimo
---	-----------	---	----------	---	---------	---	------------	---	--------

En términos porcentuales podemos decir que el **68% de la muestra presenta una excelente retención de la resistencia al desgarrar tras el envejecimiento en húmedo** (retención de más de 85% de las propiedades iniciales), el 15 % se encuentra con valores adecuados, y sólo el 17% obtienen resultados negativos (Gráfico 23.2).

Frente a la generalizada buena retención de las propiedades mecánicas, cabe destacar los desalentadores resultados en el caso de la resistencia al **amarilleamiento**; pese a no haber intervenido en este ensayo ninguna fuente lumínica, en la mayoría de los papeles la pérdida de blancura es patente:

- De las muestras analizadas, 32 manifiestan una pérdida de blancura de 38 a 15 puntos
- En las 21 muestras restantes, con una pérdida menor de 15 puntos, sólo 8 alcanzan una diferencia menor de 10
- En 4 papeles aparecen problemas de moteado o "foxing"; en este caso uno de ellos pertenece al grupo con reversión menor de 15 puntos, y los otros tres se encuentran fuera de dicha categoría.

Si tenemos en cuenta que no puede admitirse como adecuado un papel que desarrolle foxing, debemos entender que **sólo un 15% de la muestra presenta buenos resultados**, 22,5% podría considerarse aceptable, 57% malo y el 5,5% restante pésimo, ya que genera, además de una alta reversión, problemas de moteado (Gráfico 23.3).

5.1.2 Permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO

Ya vimos cómo solamente un 20% de la muestra (11 papeles) podía ser considerado como permanente según las normas ISO y ANSI/NISO; si estudiamos los resultados obtenidos por cada papel, podemos ver cómo el escaso grado de cumplimiento de ambas normas se debe, principalmente, a la **inadecuación a los límites de reserva alcalina**: de los 44 papeles que no se adaptan a las normas, 2 de ellos (4%) lo hacen sólo por un porcentaje de lignina excesivo, 41 (74%) por fallar, entre otras cosas, en los requerimientos de reserva alcalina y sólo 1 (2%), por incumplir todos los requisitos.

De los 42 tipos de papel con reserva alcalina inadecuada, 13 podrían ser considerados permanentes, según ISO, sólo con atender a este requisito, y 23 según ANSI/NISO.

Son bastantes los papeles en que, además de incumplir el porcentaje de reserva alcalina, no alcanzan el grado de acidez previsto (19 casos según ISO y 29 según ANSI/NISO); de hecho, este es el segundo factor de inadecuación a las normas.

Como cabría de esperar, **los resultados de acidez y reserva alcalina van estrechamente ligados**:

- Un pH inadecuado, obtenido por extracción acuosa, implica siempre una reserva alcalina insuficiente (los papeles con bajo pH no pueden tener una buena reserva alcalina).
- Una reserva alcalina óptima implica un pH adecuado (todos los papeles con reserva alcalina son alcalinos).

- Pero un pH adecuado no implica una reserva alcalina óptima (hay papeles ligeramente alcalinos que carecen de suficiente reserva).

En la Tabla comparativa A, avalando lo dicho, podemos observar que:

- Todos los papeles con escaso pH incumplen además los requisitos de reserva alcalina¹.
- Todos los papeles con reserva alcalina adecuada alcanzan un pH óptimo.
- Algunos papeles que cumplen los requisitos de acidez no alcanzan los de contenido de carbonato cálcico.

Esto nos indica que, como resulta lógico, el poseer un 2% de carbonato cálcico o equivalente entre las fibras del papel, implica un pH mínimo de 7,5; si esto es así, podría prescindirse de la determinación de la acidez, al estar comprendida dentro de la valoración de la reserva alcalina.

La única salvedad está en los papeles con recubrimiento o fuertes cargas superficiales; estos papeles pueden obtener un elevado pH por disolución y una alta reserva alcalina, que no implica un grado de acidez óptimo en las fibras de la zona interior; de hecho, para estos casos, la medición del pH por extracto acuoso no resulta discriminativa, y el problema sólo se detecta mediante la determinación de la acidez interna (según se refleja en la norma ANSI/NISO Z39.48).

¹ La única excepción la constituye el papel n° 15 que, con un pH de 7,3, queda a tan sólo 2 décimas de la medida idónea. Recordemos cómo, al reunir el resto de los requisitos, habíamos tomado esta muestra como permanente.

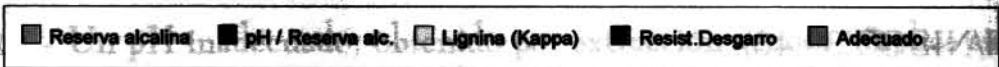
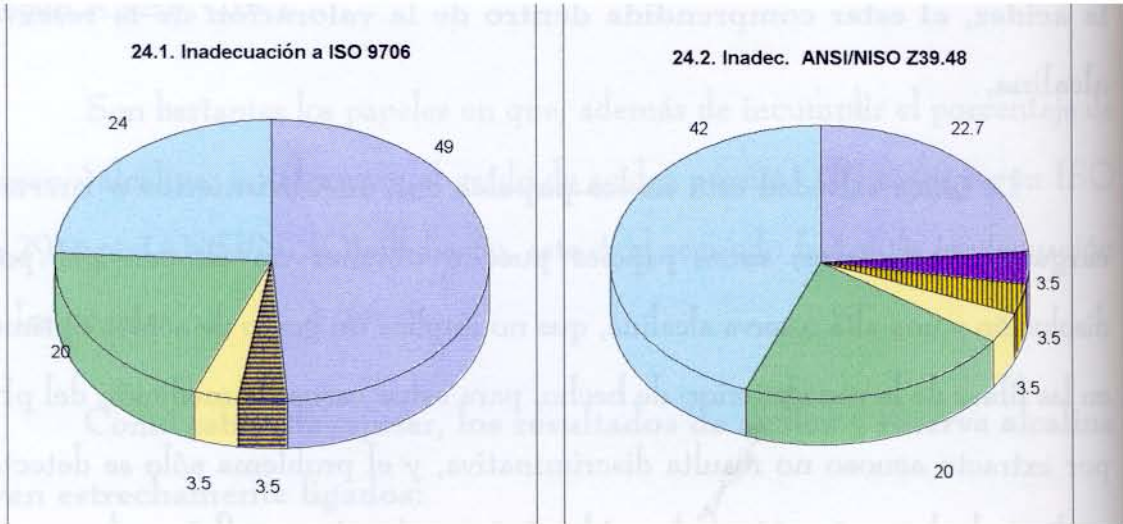


GRAFICO 24 - Adecuación de los componentes a las exigencias ISO-ANSI/NISO

En la medida del índice Kappa apenas ha habido resultados desfavorables; sólo en el caso de un papel reciclado y de tres papeles de tono crudo (pastas sin blanquear) se ha superado el límite de 7 (porcentaje de lignina mayor a 1%). De ellos, sólo dos incumplían únicamente este requisito.

Respecto a las propiedades mecánicas, todos los papeles analizados cumplen con las especificaciones de resistencia al desgarro según ISO, y sólo cuatro no llegan a alcanzar el índice de desgarro superior a 5.25 en ambas direcciones de fibra, necesario para reunir los requisitos de ANSI/NISO.

Dos de las muestras no consiguen este resultado en ninguna dirección, y las otras podrían llegar a considerarse válidas ya que la diferencia con el límite óptimo es mínima (0,05) y la media entre ambos sentidos es adecuada. Aun así, como incumplen otros requisitos, han sido consideradas como no permanentes.

Concluyendo, según ISO y ANSI/NISO, sólo 10 de los 55 tipos de papel reúnen los requisitos de permanencia (nº: 1, 6, 11, 12, 13, 15, 16, 24, 47 y 50); pero si tomamos desde el punto de vista más estricto las normas, según ISO, de estos papeles habría que eliminar el nº 15, que no podría ser considerado como permanente al obtener un pH de 7,3; como podemos observar, esta diferencia es mínima respecto al límite establecido (7,5) e incluso desde una opción más laxa podríamos admitir todos los pH hasta 7,3, al

considerar que una diferencia de 0,2 puede perfectamente contemplarse dentro de los márgenes de error de los ensayos experimentales¹.

Según la norma ISO (Gráfico 24.1):

- 20%² de los papeles pueden considerarse permanentes
- 49% incumple los requisitos de reserva alcalina y grado de acidez
- 24% falla en la reserva alcalina
- 3,5% no cumple ninguna de las características químicas
- 3,5% sólo tiene un exceso de lignina .

Según la norma ANSI/NISO (Gráfico 24.2):

- 20% de los papeles pueden considerarse permanentes
- 42% carece de una reserva alcalina adecuada³
- 27,5% además de fallar en la reserva alcalina tampoco alcanza los requisitos de acidez
- 3,5% incumplen ambos requisitos además de tener una insuficiente resistencia al desgarro
- 3,5% sólo falla en el contenido de lignina
- 3,5% restante incumple todas las características químicas .

¹ En la determinación del pH por extracto acuoso se consideraban válidas dos mediciones cuando no diferían más de 0,2 puntos.

² Tomando como permanente la muestra 15, con pH 7,3.

³ Incluyendo como adecuados 2 papeles cuyo índice de desgarro se halla en los límites de lo permisible.

5.1.3. Relación entre las diferentes formas de medir la permanencia

5.1.3.1. Relación entre la norma ISO y ANSI/NISO

Ya vimos cómo prácticamente se habían obtenido los mismos resultados respecto a la permanencia o no de los papeles analizados según las normas ISO y ANSI/NISO; a pesar de ello, los resultados individualizados entre cada tipo de análisis y cada tipo de papel diferían en algunos aspectos.

La equivalencia entre ambas normas es total en los aspectos referentes a la reserva alcalina e índice Kappa. En el primer caso es evidente, ya que el método de análisis y los límites impuestos son los mismos; en el segundo, donde difería el grado de adecuación, no ha habido ningún valor que se sitúe entre los mínimos de ambas normas.

Las mayores discrepancias se encuentran en los valores relativos a la acidez; en este caso los límites impuestos por ambas normas son idénticos, pero el método de análisis es distinto. En el caso de la norma ISO se mide la acidez del papel por extracción acuosa en frío, y siguiendo ANSI/NISO se efectúa la medida del pH en la superficie de las fibras interiores por métodos de contacto.

Las variaciones entre ambos métodos radicarían en el caso de que el papel contase con recubrimientos superficiales que modificaran el pH total. Así parece ocurrir en el papel nº 27, que obtiene un pH ligeramente ácido por extracción acuosa, mientras en el interior las fibras se revelan como neutras; esto es debido a que su superficie es más ácida (probablemente por un encolado superficial), y esta acidez hace disminuir el pH total, medido por los métodos de extracción. Aunque nos hemos encontrado con este

único ejemplo, lo normal hubiera sido lo contrario, es decir, papeles con extracto acuoso básico e interior ácido debido a recubrimientos superficiales alcalinos (por ejemplo papel couché).

La otra fuente de discrepancia entre ambos métodos es debida a que la toma de acidez por medidas de superficie con reactivos sólo permite realizar apreciaciones cualitativas, en este caso los valores no se adecúan a los límites establecidos por la norma (7,5), ya que sólo se discrimina entre valores de pH superiores o inferiores a 7.

Este margen de error de 0,5 respecto al límite establecido es la clave para el resto de las discrepancias:

- Todos los papeles con un pH mayor o igual a 7, según el método de extracción acuosa, obtienen un pH positivo si la determinación es por contacto.
- Todas las determinaciones por contacto positivas, excepto el caso mencionado con anterioridad (papel 27), obtienen un pH mínimo de 7.

Dados estos datos, se infiere que **no se han obtenido medidas distintas** entre ambos métodos, **sino que uno de ellos** (la determinación por contacto) **no ha sido capaz de discriminar el límite entre 7 y 7,5.**

Esto podría hacernos pensar que es más válida la determinación del pH por extracto, pero recordemos que este tipo de medición era siempre concordante con la adecuación de la reserva alcalina, por lo que en lógica podríamos prescindir de ella. No ocurre lo mismo con la medida del pH por contacto de la superficie interna del papel, ya que esta es la única forma de

discriminar entre una reserva alcalina motivada por un recubrimiento superficial y una reserva que realmente está afectando al interior de las fibras.

Así podríamos decir que la norma ANSI/NISO, con la determinación del pH mediante medida de superficie, está aportando resultados más relevantes. Eso sí, el establecer unos límites que no pueden ser apreciados por el método de análisis propuesto no parece muy procedente.

En cualquier caso no debemos olvidar que la norma ANSI/NISO hacía referencia a dos métodos para determinar el pH superficial: el empleo de un reactivo (tal como hemos hecho nosotros) o la medición del pH con un electrodo de contacto; según este último método, sí se pueden discriminar los valores inferiores a 7,5 y superiores a 10.

La determinación del pH por contacto mediante electrodo puede resultar complementaria a la determinación de la reserva alcalina, suficiente para deducir un valor mínimo adecuado, pero que puede hacer pasar por aceptables valores excesivamente alcalinos. Las normas no plantean un límite máximo para la reserva alcalina, y quizás esto es algo que se debiera contemplar dados los resultados; papeles con casi un 20% de carbonato cálcico deben ser tomados como buenos desde esta apreciación, pues el pH que alcanzan no llega a superar lo establecido ($\text{pH } 9,4 < \text{pH } 10$).

Siguiendo las comparaciones entre ambas normas, podemos comprobar también las manifiestas discrepancias respecto a la resistencia mecánica; en ISO se toman los valores de desgarró en términos absolutos, excepto en el caso

de gramajes menores de 70 donde se aplica una fórmula¹; en ANSI/NISO se refieren siempre al peso del papel, ya que toma como medida el índice de desgarró (Resistencia al desgarró/gramaje).

Estas diferencias hacen que los límites de ISO sean menos restrictivos que los de ANSI/NISO para valores mayores de 70, mientras que en valores inferiores ocurre lo contrario.

Así, 4 valores de papeles de gramaje superior a 70 obtienen resultados negativos según ANSI/NISO y positivos según ISO.

Dado que lo importante para la permanencia de un papel es su resistencia total, independientemente del gramaje, la norma ISO sería más determinante en este aspecto.

Concluyendo, aunque se han obtenido resultados de permanencia similares mediante ambas normas, podemos decir que, según apreciación personal avalada por las consideraciones anteriores, la norma ANSI/NISO sería más adecuada respecto a las determinaciones de acidez, sobre todo en el caso de emplear como medida un electrodo de contacto, y la norma ISO respecto a la resistencia mecánica. Según estimación propia, también considero que deberían incluirse unos límites de máximo porcentaje de reserva alcalina.

¹ Para un gramaje (g) menor de 70 el límite se establece según $6 \text{ g} - 70$.

5.1.3.2. Relación entre las normas ISO y ANSI/NISO y la pérdida de propiedades tras el envejecimiento

La norma ISO en su página 6 indica que, según ensayos de laboratorio, los papeles que cumplen con los requisitos de permanencia por ella especificados retendrán al menos el 80% de sus propiedades mecánicas iniciales tras los ensayos de envejecimiento acelerado. En nuestro caso, confirmando dicha predicción, en todos los papeles permanentes según ISO y ANSI/NISO apenas se manifiestan diferencias de desgarró tras el envejecimiento artificial. Sin embargo, como veremos más adelante, el porcentaje de pérdida de desgarró de un papel no está completamente relacionado con el grado de permanencia establecido en las normas.

Esto queda parcialmente justificado por la advertencia de la norma ISO sobre el hecho de que algunos papeles especiales (por ejemplo papeles de uso artístico) de buena permanencia, pueden fallar en el cumplimiento de alguno de sus requisitos.

Según ANSI/NISO (página 5), papeles con niveles de lignina mayores del 1% ($Kappa < 7$), que cumplen el resto de los requerimientos de ANSI, pueden tener una excelente retención de las cualidades de resistencia mecánica tras el envejecimiento.

De hecho, de los cuatro papeles con número Kappa > 7 , tres tienen buenos resultados de envejecimiento, tanto en el aspecto mecánico como óptico: dos de ellos (n° 43 y 44) alcanzan unos niveles adecuados (f_L -D mayor de 0,85 y diferencia de blancura menor de 10), y el otro (n° 36) también alcanza una retención de la resistencia óptima, pero los resultados

de blancura son sólo aceptables (pérdida menor de 15 puntos). La muestra restante alcanza una retención del grado de blancura adecuado pero falla respecto a la pérdida de propiedades mecánicas.

La norma ISO 9706 (página 6) también advierte la posibilidad de encontrar papeles con un índice Kappa inadecuado que presentan buen comportamiento en los ensayos de envejecimiento acelerado, y esto lo hace para puntualizar que dichos papeles no deberían tomarse como permanentes debido a que en el envejecimiento natural intervienen otros factores, como la contaminación ambiental, que no están presentes en los ensayos, pero que pueden provocar el deterioro al reaccionar con las fibras lignificadas y formar residuos ácidos.

Esto mismo podría decirse respecto a la **reserva alcalina**: un papel puede tener un buen envejecimiento artificial sin que se requiera una reserva alcalina adecuada, pero en el caso del envejecimiento natural, será este mismo factor el que ayude a salvar al papel del efecto pernicioso de los agentes externos que se encuentran en el ambiente, y que no han formado parte del ensayo de envejecimiento acelerado.

De hecho, de los 42 papeles que fallan en los requisitos de reserva alcalina, 13 logran unos resultados adecuados en la retención de la resistencia al desgarró y blancura tras el envejecimiento, alcanzando 5 de ellos puntuaciones óptimas.

El único tipo de medida de las normas ISO y ANSI/NISO que parece tener relación con el envejecimiento acelerado es la **acidez**; todos los papeles con pH no ácido, exceptuando dos determinaciones (n° 2 y 20), tienen una

retención de la resistencia al desgarro mayor del 80%, y en ellos se aprecia una clara tendencia a conservar la blancura inicial.

Ante esta realidad podemos esperar que, como la mayoría de los factores que implican una buena o mala permanencia no influyen en el envejecimiento artificial, éste puede dar valores favorables en el caso de papeles que no se comportarán adecuadamente en ambientes naturales.

Aunque no podamos considerar un papel como permanente sólo por tener una buena resistencia en los ensayos de envejecimiento acelerado, no se invalida la adecuación de estas pruebas, ya que si un papel se comporta mal en estas circunstancias, también lo hará, y con toda probabilidad, en condiciones naturales.

Así, las pruebas de envejecimiento artificial pueden resultar fiables en el caso de revelar resultados negativos, pero no cuando indican el buen comportamiento de un papel.

Los datos obtenidos según ISO y ANSI/NISO respecto a la retención de las propiedades mecánicas se atienen a lo dicho anteriormente:

- Todos los resultados positivos según ISO y ANSI/NISO obtienen una buena retención de la resistencia mecánica tras el envejecimiento.
- Todos los papeles que no obtienen dicha retención, incumplen en algún grado los requisitos de ISO y ANSI/NISO.

De esta manera queda explicada la aparente discrepancia entre los resultados obtenidos respecto a la retención de las propiedades mecánicas tras

el envejecimiento artificial y la adecuación a las normas ISO y ANSI/NISO: de los 44 papeles que tenían una buena retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado, sólo 10 cumplían los requisitos de ISO y ANSI/NISO. Esto es debido a los "falsos positivos" que pueden aparecer en los ensayos de envejecimiento acelerado.

Además, estos 10 papeles permanentes, según ISO y ANSI/NISO, que de acuerdo con las predicciones de las propias normas retenían al menos el 80% de las propiedades de resistencia, exceptuando un sólo caso, incluso llegaban a alcanzar un "factor de duración de vida en el desgarro" mayor de 0,85 (posibilidad de máxima esperanza de vida).

Como era de esperar, según los razonamientos anteriores, aunque se aprecie un elevado porcentaje de "falsos positivos", no aparece ningún "falso negativo", es decir, los 9 papeles que no retienen al menos el 80% de sus cualidades de resistencia al desgarro, tampoco pueden ser considerados permanentes (n° 2, 7, 20, 22, 32, 34, 39, 41 y 46).

Dada la escasa concordancia entre las normas ISO y ANSI/NISO con los resultados generales de resistencia al desgarro tras el envejecimiento, provocada por el elevado número de falsos positivos, no se considera oportuno tomar como indicativo de la permanencia a modo cuantitativo la "determinación del factor de duración de vida según desgarro"; el valor de f_L-D sólo se deberá tener en cuenta para descartar aquellos papeles que reuniendo otros requisitos, alcancen unos valores bajos, o como simple indicio de buena permanencia para los valores elevados.

Esta relación se evidencia al ordenar los papeles en función de su f_L-D : ningún papel permanente se encuentra en un rango inferior a 0,83; bajo este nivel ($f_L-D \leq 0,83$) todos los papeles denotan pérdidas significativas de resistencia tras el envejecimiento, mientras que con un $f_L-D \geq 0,95$, no aparecen diferencias significativas entre los papeles envejecidos y sin envejecer.

Respecto a la pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado en húmedo, podemos apreciar cómo **no existe relación con la predicción de permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO**: de los 10 papeles considerados permanentes que han sufrido envejecimiento artificial sólo 1 (Papel n° 24: Super Alfa de Guarro) obtiene resultados adecuados en la pérdida de blancura, 3 pueden considerarse con resultados aceptables y 6 amarillean excesivamente.

Ateniéndonos al grueso de la muestra, el porcentaje de papeles con reversión de blancura inadecuada es el mismo (60%) para los papeles considerados permanentes y no permanentes según ISO y ANSI/NISO.

Desglosando los factores que constituyen las normas ISO y ANSI/NISO, vemos cómo el único que tiene una mínima relación con la pérdida de blancura es la **acidez**, de hecho todos los papeles con reversión menor de 13 tienen un pH neutro o alcalino (6,8 máximo); pero muchos papeles no ácidos alcanzan resultados deplorables en este aspecto.

Con lo que también muestra una mínima relación la reversión de blancura, es con la **pérdida de la resistencia al desgarr**, pero tampoco es suficiente para predecir el amarilleamiento de un papel, mas bien al contrario,

la escasa pérdida de blancura serviría para predecir un buen comportamiento mecánico: todos los papeles con poca pérdida de blancura tras el envejecimiento obtienen un $f_L-D > 0,80^1$.

Las consideraciones expuestas hasta ahora no dejan de provenir de una apreciación general de los resultados. Para constatar la presencia o ausencia de relación entre los datos obtenidos en los distintos ensayos y entre las diferentes maneras de determinar la permanencia, es necesario recurrir al análisis estadístico.

En consecuencia, se ha realizado un estudio de la relación lineal entre cada par de variables según los datos de regresión² obtenidos mediante tratamiento informático³.

Así, afirmando las apreciaciones anteriores, sólo se ha encontrado relación entre la acidez y los resultados de las pruebas de envejecimiento acelerado, y dentro de ellas, entre la retención de la resistencia al desgarro (el f_L-D) y el amarilleamiento.

¹ Una excepción es el papel n° 46 (papel kraft), que incumple todos los requisitos de ISO y ANSI/NISO (aunque con pH de 6,9), pero que con un f_L-D de 0,79 obtiene unos resultados de pérdida de blancura óptimos. Sin embargo esta muestra supone una situación tan limítrofe en todos los aspectos, que quizás ni debiera haber sido considerada.

² Los estudios de regresión sirven para predecir los resultados de una variable conocidos los resultados de otra (Armón, 1979, 179). La regresión indica la "cantidad de cambio de la variable dependiente asociado con un cambio unitario de la variable independiente" (Little y Hills, 1987, 163).

³ Programa MINITAB.

Los coeficientes de correlación lineal (r)¹, con un nivel de confianza del 95%, indican correlaciones positivas medias² según:

- Acidez / retención de la resistencia al desgarrar: $r = 57\%$.
- Acidez / f_L -D: $r = 59\%$
- Acidez / reversión de la blancura: $r = 42\%$
- Retención de la resistencia al desgarrar / reversión de blancura: $r = 52\%$
- f_L -D / reversión de blancura: $r = 54\%$

La relación entre la reserva alcalina y el resto de las variables era muy escasa, y resultó estadísticamente no significativa con un nivel de confianza del 95%³.

Respecto al número Kappa, o índice de oxidación, se optó por no realizar ningún análisis estadístico, dado el escaso número de muestra con índice Kappa elevado⁴.

Según los datos obtenidos mediante el estudio estadístico, podemos aseverar que la acidez está relacionada con la retención de las propiedades mecánicas y ópticas tras el envejecimiento acelerado, propiedades a su vez relacionadas entre sí.

¹ Medida de la variación conjunta de dos variables: intensidad y sentido (Amón, p 179).

² Una correlación media se sitúa entre 0,3 y 0,7 (Amón, 1979, 196) o cercana a 0,5 (Little y Hills, 1987, 150).

³ Con un nivel de confianza de 90% se obtenía una correlación cercana a 2% entre la reserva alcalina y la retención de la resistencia al desgarrar y el grado de blancura.

⁴ A este respecto, Calabro *et al.* (1990, 48), en un estudio realizado con 20 muestras de papel, encontraron una correlación alta ($r=78\%$) entre el número Kappa y el amarilleamiento evaluado según el PCN (*Post Colour Number*) en condiciones de envejecimiento equivalente a las de nuestro estudio.

El grado de acidez es el único nexo de unión entre las normas de permanencia del papel ISO y ANSI/NISO con las pruebas de envejecimiento acelerado y la norma DIN 6738. Dado el elevado número de variables que se supone intervienen en la permanencia del papel, podemos afirmar que la acidez tiene una relación muy importante en el envejecimiento acelerado ¹.

¹ Que una correlación sea considerada desde un punto de vista realista como alta o baja, depende de las circunstancias de ésta (Amón, 1979, 196).

5.2. ADECUACION DE LAS HIPOTESIS Y CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos mediante los análisis y las consideraciones expuestas, podemos observar los siguientes hechos en relación a las hipótesis de partida formuladas con anterioridad (Cfr. Supra. III. 2.):

A) Respecto a la **relación entre las normas ISO y ANSI/NISO y las previsiones sobre envejecimiento acelerado** establecidas por ellas mismas:

1). Las normas ISO y ANSI/NISO presentan resultados prácticamente similares en cuanto a los papeles considerados como permanentes. Esto confirma nuestra primera hipótesis de partida, según la cual, al predecir idénticos niveles de permanencia deberían obtenerse resultados equivalentes:

- Papeles permanentes según ISO = Papeles permanentes según ANSI/NISO.

2). Todas las muestras que han cumplido con los requisitos de ISO han retenido al menos el 80% de su resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado. Se confirma el hecho de que un papel permanente según ISO perderá menos del 20% de su resistencia inicial al desgarro:

- Retención de resistencia al desgarro en papeles permanentes según ISO y ANSI/NISO $\geq 80\%$

3). 15 muestras que no cumplieron los requisitos de ISO alcanzaron, tras el envejecimiento, niveles adecuados de resistencia al desgarró y reversión de la blancura; de ellas, 6 obtuvieron resultados óptimos. Esto indica que:

- Puede haber papeles que no cumplen los requisitos de ISO pero que pueden ser considerados permanentes.

Tres de ellos tienen niveles de lignina inaceptables, por lo que deberían descartarse como permanentes; así, quedarían 12 muestras con posibilidades de permanencia, 4 de ellas con resultados óptimos. Confirmando lo anunciado por ANSI/NISO (p. 5):

- Algunos papeles con contenido de lignina inaceptable pueden alcanzar valores óptimos en las pruebas de envejecimiento acelerado.

B) Respecto a la relación entre las normas de permanencia ISO y ANSI/NISO con la norma DIN.

4). De los 10 papeles que, cumpliendo los requisitos de ISO han sido sometidos a envejecimiento acelerado, 9 han adquirido una posibilidad de esperanza de vida máxima ($f_{L-D} \geq 0,85$), y todos alcanzan una esperanza de vida mínima de 100 años ($f_{L-D} \geq 0,80$). Esto confirma la hipótesis:

- La permanencia según ISO y ANSI/NISO concuerda con una alta esperanza de vida según adaptación de DIN 6738.

Sin embargo, muchos papeles que no cumplen los requisitos de ISO también alcanzan altos valores de f_L-D , por consiguiente:

- *El incumplimiento de los requisitos de permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO no concuerda con la esperanza de vida según adaptación de DIN 6738.*

C) Respecto a la relación entre las normas ISO y ANSI/NISO con el comportamiento durante el envejecimiento acelerado:

5). No se confirma una relación completa entre las normas ISO y ANSI/NISO con las medidas de resistencia al desgarro y reversión del color tras el envejecimiento acelerado.

5.1) Así, en relación a la retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento:

- El cumplimiento de los requisitos de permanencia según ISO y ANSI/NISO implica una buena retención de la resistencia al desgarro, pero
- El incumplimiento de los requisitos de permanencia según ISO y ANSI/NISO no implica una mala retención de la resistencia al desgarro.

Es decir:

- *Una buena retención de la resistencia al desgarro no implica una buena permanencia según ISO y ANSI/NISO, aunque*

- *Una mala retención de la resistencia al desgarro implica una mala permanencia según ISO y ANSI/NISO.*

5.2.) En relación al **grado de amarilleamiento** tras el envejecimiento acelerado:

- *El cumplimiento de los requisitos de ISO y ANSI/NISO no implica una menor pérdida de blancura.*
- *El incumplimiento de los requisitos de ISO y ANSI/NISO no implica una mayor pérdida de blancura.*

Consecuentemente:

- *La permanencia según ISO y ANSI/NISO no guarda relación con la retención o pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado.*

Este aserto es fundamental e indica la inadecuación de las normas existentes (ISO y ANSI/NISO) para determinar la permanencia de los papeles artísticos, y lógicamente implica la necesidad de elaborar una normativa específica para los papeles destinados a las obras de arte.

D) Respecto a la relación entre la norma DIN (según adaptación: retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento) y la **pérdida de blancura** tras el envejecimiento:

6). No podemos predecir el amarilleamiento de un papel durante el envejecimiento partiendo de la retención de la resistencia al desgarro o de la esperanza de vida calculada según la norma DIN. Así:

- Una buena retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento (f_L -D alto) no implica una buena retención del grado de blancura.
- Una mala retención de la resistencia al desgarro (f_L -D bajo) no implica una mala retención del grado de blancura.

Pero invirtiendo la lectura de los resultados, sí podemos esperar una relación entre la blancura y la resistencia al desgarro, ya que:

- *Aunque un alto amarilleamiento no implique una mala retención de la resistencia al desgarro, una escasa pérdida de blancura implica una buena retención de la resistencia al desgarro.*

Para la elaboración de una norma sobre la permanencia de los papeles de uso artístico debería tenerse muy en cuenta la resistencia al amarilleamiento, no solo mediante envejecimiento acelerado con calor y humedad, sino también con iluminación y contaminación atmosférica. Tampoco habrán de olvidarse las especificaciones de ISO, pues aunque por sí solas no sean suficientes, numerosos estudios científicos elaborados con anterioridad han demostrado su pertinencia.

En resumen:

La permanencia de los papeles artísticos no se puede determinar ordenando los papeles según su f_L -D (resistencia al desgarro tras el envejecimiento), ya que no existe relación satisfactoria con la resistencia al amarilleamiento. Para determinar la adecuación de los papeles analizados desde el punto de vista de su finalidad artística, hemos preferido optar por el parámetro de la reversión de la blancura.

Por ello, se han ordenado los papeles, primero, en función de su resistencia al amarilleamiento, luego por su adecuación a las normas de permanencia, capaces de predecir el comportamiento en situaciones desfavorables y, finalmente, en función de la resistencia al desgarro.

Es muy importante recalcar que la pérdida de blancura de los papeles no ha sido tomada en cuenta en el caso de ninguna norma y, de hecho, el que un papel sea permanente según ISO, ANSI/NISO o DIN no implica que no vaya a amarillear con el paso del tiempo.

La retención de la blancura es primordial en el caso de papeles para uso artístico; es excusable que no se le haya dado importancia en normas dirigidas exclusivamente a documentos de archivo y biblioteca (ISO), pero no se entiende su olvido cuando se indica en la norma que es válida para papeles de dibujo (DIN) o para "obras de arte originales y reproducciones" (ANSI/NISO).

Nuestra conclusión al respecto es:

Ni la norma ANSI/NISO Z39.48, ni la norma DIN 6738 están indicadas para papeles artísticos, ya que no tienen en cuenta el amarilleamiento, aspecto primordial en el caso de este tipo de papeles.

Es un gran avance la existencia de normas relativas a la permanencia del papel, pero es claro que en el campo de los papeles para artistas queda mucho por investigar. No obstante, a partir de estas normas, que tienen una gran trascendencia como pioneras, deberían elaborarse otras más acordes con la finalidad de la obra de arte, pues como vimos en capítulos anteriores, sus exigencias difieren de las del resto de la obra documental, objetivo preferente de la normativa examinada.

5.3. PERMANENCIA DE PAPELES ESPECIALES

A nivel comparativo es interesante resaltar las características de permanencia que muestran algunos grupos de papeles más especiales: el papel de referencia "Whatman-análisis" (muestra 0), compuesto exclusivamente por fibras de algodón; los papeles fabricados a mano; los reciclado/ecológicos; translúcidos para dibujo técnico, y soportes sintéticos. En algunos casos, un mismo papel forma parte de varios grupos.

5.3.1. Muestra de referencia (n° 0)

El papel de referencia (n° 0), papel para análisis químicos compuesto exclusivamente de fibras puras de algodón, debería tener, teóricamente, una buena permanencia frente al envejecimiento, dada la calidad de su materia prima y su similitud con la composición de los papeles más primitivos. Sin embargo, es imposible que alcance la categoría de papel permanente según ISO y ANSI/NISO, porque no lleva ningún tipo de carga (entre ellas reserva alcalina).

Según los análisis, como era de esperar, la muestra 0 no cumple los requisitos de permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO, ya que carece de reserva alcalina (0%) y su pH no llega a ser neutro (pH 6,4); en la permanencia frente al envejecimiento, la retención de las propiedades mecánicas (81%) y ópticas (reversión de blancura de 14 puntos) se mantienen dentro de los límites adecuados, pero en la zona inferior de ambos rangos.

Existe la posibilidad de predecirle una esperanza de vida de más de 100 años ($f_L-D = 0,80$) pero nunca una máxima permanencia.

En relación con el resto de la muestra no ocupa un buen lugar. Si ordenamos los papeles según el cumplimiento o no de los requisitos de ISO y ANSI/NISO y en función de la acidez, quedaría en el puesto 38 de 55; respecto a la resistencia al desgarro, su " f_L-D " es bajo, ya que se sitúa en el puesto 40 de los 52 papeles evaluados. Sin embargo, en la resistencia al amarilleamiento se encuentra en el n° 20, con 32 tipos de papel que consiguen peores puntuaciones.

Estos resultados coinciden con la predicción apoyada ampliamente por la bibliografía, y reflejada en la norma DIN 6738 (Nota 1), según la cual un papel, a pesar de ser de celulosa pura, nunca podrá alcanzar una esperanza de vida máxima, sin reunir los requisitos de acidez y reserva alcalina coincidentes con ISO y ANSI/NISO. Se reafirma la idea de que, aunque la calidad de las fibras sea importante para conseguir una buena permanencia, también son necesarias otras cualidades químicas que prevengan los efectos de la acidez. Las fibras de algodón no se han comportado excesivamente mal frente a la reversión del color, pero aún así papeles con fibras de madera han tenido mejores resultados, no sólo en este punto, sino en todos los demás.

Sirva esta reflexión como advertencia para algunos fabricantes, sobre todo los de papel artesanal, que suelen hacer gala de emplear fibras textiles, pero que, al igual que en el caso que acabamos de estudiar, olvidan la adición de una reserva alcalina suficiente.

5.3.2. Papeles artesanales

En el Capítulo I vimos como la permanencia del papel no depende tanto de su manufactura¹ como de las materias empleadas, aunque lo común es que los papeles hechos a mano estén realizados a partir de fibras textiles o de buena calidad. De hecho, la mayoría de los fabricantes recalcan el tipo de fibra empleado: plantas textiles en los papeles 9 (lino), 44 (yute), 51 (80% algodón y 20% lino), 52 (trapo de lino y algodón), 53 (trapo) y 54 (lino), y papel usado en el n° 48.

El único papel en el que no se especifica el tipo de fibra (n° 17) está realizado a partir de pasta química de madera, según comprobación en microscopio, con tinción de fibras mediante reactivo Herzberg², tal como indica en la norma UNE 57-021-92/3 "Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 3: Teñido con el reactivo Herzberg", acorde con el proyecto ISO/DP 9 184/3.

Además el fabricante del papel número 9 indica que posee un pH neutro (en la muestra analizada es de 7,1, neutro pero no lo suficientemente alcalino), y el de los números 52 y 54, que están realizados con un encolante neutro (Acuapel en el caso del n° 54).

Un dato digno de destacar en el grupo de los papeles artesanales es el hecho comentado en este mismo capítulo (*supra* 4.1.2.), relativo a la gran

¹ Barrow (1967, 27 y 37) demostró cómo el método de fabricación (papel artesanal o continuo) no había influido en la permanencia.

² El reactivo Herzberg es un reactivo yodado que sirve para la identificación de fibras mediante microscopía; la tinción en tonos azulados indica la presencia de pasta química de madera. Sobre su preparación se puede consultar la norma UNE 57-021-92, o la obra de Navarro (1972, 374-375). En Browning (1977, 57-61) aparece una interesante tabla, bastante detallada, sobre la coloración que adquieren distintos tipos de fibras y pastas.

diferencia de pesos que se aprecia dentro de un mismo papel y entre pliegos diferentes (véase Tabla de gramajes, C.IV,4.1.2.). A excepción del número 52, el resto de los papeles fabricados artesanalmente supera la tolerancia establecida por las normas UNE respecto a **las variaciones de gramaje**. En los papeles artesanales cierta falta de uniformidad está dentro de lo previsible, pero resulta excesiva en los papeles 9, 48 y 51, con una variación del 26,5%, 17% y 13,5% respectivamente.

Estas diferencias además de suponer una irregularidad de cara al consumidor, implican un margen de error muy elevado al efectuar los ensayos de resistencia mecánica, cuyos resultados no son equiparables desde el momento en que el gramaje de cada probeta es distinto. Así, exceptuando el caso del papel n° 44, la diferencia entre los valores de resistencia mecánica obtenidos antes y después del envejecimiento acelerado no es estadísticamente significativa, a pesar de haber duplicado las determinaciones (20 en lugar de 10). Incluso aunque en estos papeles se alcancen niveles de retención cercanos al 100%, no podemos afirmar categóricamente que no haya existido variación entre ambas determinaciones.

Aunque podemos inferir que dichos papeles manifiestan una excelente retención de las cualidades mecánicas (cercana a 95% en la mayoría de los casos, 87% en el n° 44 -yute- y 84% en el n° 48 -reciclado-), **ninguno de los 8 papeles analizados cumple con los requisitos de ISO o ANSI/NISO**, por lo que, comercialmente hablando, no podrían denominarse como permanentes.

El principal motivo de su inadecuación es que, con excepción del número 44, no alcanzan los requisitos de reserva alcalina, y soslayando el n° 48, que es el que más se acerca a ellos (1,5%), ni siquiera logran los niveles de pH establecidos; aunque eso sí, todos los papeles manuales analizados pueden considerarse como neutros (en el límite, los números 17 y 54, con un pH de 6,8 y 6,7).

El papel 44, de fibras de yute, pese a tener buena reserva alcalina y acidez adecuada, al estar fabricado con yute y no haber sido blanqueado, tiene un contenido de lignina inaceptable (índice Kappa > 7).

Paradójicamente, según los criterios de permanencia de ISO y ANSI/NISO, el papel que estaría más cercano de poder ser permanente sería el papel artesanal reciclado (n° 48).

Pero este es el papel con peor comportamiento respecto a la retención de las propiedades ópticas, con un amarilleamiento patente, que le hace alcanzar una reversión de 28 puntos. Respecto a este parámetro hay que recalcar que todos los papeles artesanales se distribuyen en toda la franja de valores de reversión, entre la pérdida de un solo punto (n° 44, pérdida de color imperceptible) hasta el mencionado valor de 28 puntos. En principio el hecho no parece estar relacionado con ninguna de las características individuales, aunque exceptuando los números 52 y 48, la reversión desciende al aumentar la escasa reserva alcalina, circunstancia que ocurre también con el pH en los valores con reversión del color menor de 15 puntos.

En suma, pese a lo apreciado que resulta el papel artesanal, hemos de concluir que no implica una buena calidad desde el punto de vista de la permanencia. Es seguro que ésta mejoraría en gran medida en el momento en que los fabricantes añadieran una reserva alcalina suficiente, y que no es perjudicial ni contraria a los métodos tradicionales de fabricación, ni al coste final.

5.3.3. Papeles reciclado/ecológicos¹

Dado el interés creciente por los problemas medioambientales, dentro de la industria papelera está teniendo cada vez mayor peso el sector del papel reciclado. Su uso en el campo artístico no está todavía muy generalizado, pero empiezan a venderse papeles de este tipo en el comercio especializado en material artístico.

Ya mencionamos la pugna entre papeles reciclados y permanentes y cómo, aunque sea alta la probabilidad de encontrar soportes con escasa esperanza de vida, la condición de reciclado no tiene por qué ser excluyente de permanencia, sobre todo ateniéndonos a las normas ISO y ANSI/NISO, cuyos requerimientos pueden ser perfectamente asumidos por esta categoría de papeles (Colom y García, 1994).

¹ Como complemento de este apartado, véase Peinado, Alonso y Viñas (1994), y Peinado, Viñas y Alonso (1994), en los cuales el análisis de los papeles reciclados artísticos se complementa con el de algunos papeles reciclados para uso documental, que pueden servir de guía en el caso de papeles reciclados comunes empleados para la toma de apuntes o esbozos.

Dentro de la muestra de papeles analizados tenemos tres tipos de papel que encajarían dentro de este grupo, aunque por sus características quizás no sean representativos de la generalidad de papeles reciclados; de hecho, uno está fabricado a mano (el ya mencionado papel n° 48: "papel reciclado artesano"), otro es un papel de dibujo (n° 47: "papel reciclado de dibujo"), y el último, según su denominación, intenta, al menos comercialmente, romper la pugna entre permanencia y ecología (n° 36: "papel ecológico sin ácido").

Analizados los papeles, nos encontramos con que, de los tres, uno de ellos cumple los requisitos de permanencia según ISO y ANSI/NISO, y precisamente es aquel del que, por sus referencias y precio, cabría esperar peor calidad. Se trata del "papel ecológico para dibujo" (n° 47), que además de reunir crecidamente los requisitos necesarios para ser considerado como permanente, tiene una excelente retención de la resistencia al desgarro, con un f_L-D 0,92 que posibilita la obtención de una esperanza de vida máxima.

Donde los resultados no son tan favorables es en las propiedades ópticas; aquí se aprecia una fuerte tendencia al amarilleamiento, con una pérdida del 25% de su tono original o, según escala de reversión, una disminución de 18 puntos tras los ensayos de envejecimiento acelerado.

Un dato que llama la atención en este papel es su elevada reserva alcalina (más del 20% de su peso), que debería suponer un detrimento en la calidad, al repercutir negativamente en el porcentaje de fibras. Sin embargo este punto no es tenido en cuenta por las normas de permanencia, que no contemplan un tope máximo de cargas.

Respecto al **papel reciclado artesanal** (n° 48), comentado en el punto anterior, recordemos cómo a pesar de quedarse al borde de obtener una esperanza de vida máxima (f_L-D 0,84), falla en el porcentaje de reserva alcalina que, siendo de 1,5%, no alcanza el monto exigido por las normas (2%). Respecto a la retención de las propiedades ópticas, tampoco obtiene buenos resultados; de hecho, con una reversión de más de 28 puntos, y un porcentaje de pérdida del 40%, se sitúa entre los tres peores clasificados de toda la muestra. Otro aspecto a comentar es su número Kappa, con un índice 4, que aún dentro de lo aceptable, implica un pequeño contenido de lignina (0,6%).

El llamado "**papel ecológico libre de ácido**" (n° 36), en contra de lo esperado, no puede considerarse como permanente, pues falla en el cumplimiento del número Kappa (al ser mayor de siete implica un contenido en lignina superior al 1%).

Como su nombre hace patente, carece de ácido, alcanzando el pH más elevado de todos los papeles analizados (9,4), y la segunda reserva alcalina, un 11%, quizás algo excesivo.

A pesar del contenido de lignina, presenta una excelente retención de las propiedades mecánicas tras el envejecimiento, con un f_L-D de 1, equivalente a una retención del 100%. La pérdida de blancura, aunque no sea óptima, se mantiene a unos niveles razonables respecto al grueso de las muestras, con una reversión de 12 puntos.

Vistos los resultados, podemos afirmar que algunos papeles reciclados pueden ser considerados como permanentes según las normas establecidas (ISO y ANSI/NISO), pero que esta permanencia no indica su bondad respecto a las cualidades exigibles para un papel de uso artístico, porque adolecen de una buena retención de las propiedades ópticas.

Hecha esta consideración, y haciendo justicia a los resultados, hemos de reconocer que, dentro de los papeles reciclados, podemos encontrar algunos (nº 36 y 47) con cualidades de permanencia aparentemente mucho mejores que las de varios papeles de otro tipo de pasta, incluso sin lignina.

5.3.4. Soportes sintéticos

Al igual que los papeles reciclados, los papeles sintéticos, aunque no puedan denominarse estrictamente papel, se están presentando como alternativa ante la disminución de la masa forestal y como una opción de cara a la permanencia, en el caso de los "papeles de poliéster" (V.Viñas, 1993).

Son un soporte poco extendido, excepto en el ámbito del dibujo técnico, donde por su durabilidad prácticamente han sustituido a otro tipo de papeles más frágiles. Al igual que se han introducido en este campo, no extrañaría que en breve periodo de tiempo, dada la tendencia al empleo de nuevas materias por los artistas modernos, se utilice como un soporte más para la obra de arte.

Respecto a la permanencia de estos soportes, siempre y cuando se trate de poliéster, se ha augurado una buena esperanza de vida. De hecho, uno de sus problemas es, en algunos casos, la dificultad de destrucción. De todas formas, al tratarse de resinas sintéticas, sus causas de alteración, tanto intrínsecas como extrínsecas, no son completamente equiparables a las establecidas para la materia celulósica natural.

Las normas sobre permanencia no contemplan este tipo de soporte, ya que van dirigidas a papeles de fibras celulósicas. Aún así nos hemos planteado la duda de cómo se comportaría algún ejemplo de estos "plásticos" ante los análisis prescritos para la determinación de un papel, por ello se ha decidido adaptar la normativa para comprobar si podrían incluirse en la categoría de papeles permanentes.

Para ello se seleccionó un soporte traslúcido de poliéster (nº 30) y otro opaco de color blanco (nº 49). Es de destacar la facilidad con que se consiguió el primero, muy extendido en el ámbito de dibujo técnico, frente a la dificultad de adquirir el "papel sintético" blanco, cuya comercialización en España es todavía novedosa.

A la hora de realizar los análisis, nos encontramos ante la limitación de no poder llevar a cabo la determinación del índice Kappa, incompatible con estos soportes, dada la imposibilidad de desfibrado. Tampoco se pudieron realizar los ensayos de envejecimiento artificial¹.

¹ Hubiera sido interesante contrastar las pruebas de envejecimiento en condiciones similares a las llevadas a cabo en el caso de los papeles celulósicos, pero por limitaciones técnicas, no fue posible un envejecimiento individualizado, y se decidió no hacerlo de manera conjunta con el total de la muestra, ante el riesgo de provocar algún tipo de contaminación con el resto de los papeles.

5.3.5. Papeles translúcidos para dibujo técnico

Quizás, a primera vista, esta categoría de papeles quede un poco lejana de nuestros puntos de mira, pero dada la problemática que suelen tener este tipo de soportes (véase Capítulo 1, 3.1.2.5.), y pensando en la importancia, tanto artística como documental de algunos dibujos de arquitectura, arqueología o diseño, se ha considerado altamente conveniente incorporar a la muestra una pequeña representación de estos soportes.

El grupo de papeles translúcidos queda representado por un papel vegetal (nº 31), el papel Vellum (nº 45), recomendado por algunos técnicos como alternativa de mejor calidad frente al tradicional papel vegetal y del papel de poliéster (nº 30) mencionado en el apartado anterior.

Según los análisis realizados, tanto el papel vegetal como el Vellum incumplen en gran medida los requerimientos de permanencia según ISO y ANSI/NISO. Ambos presentan un porcentaje de **reserva alcalina** negativo (-0,1%), y tienen un pH claramente ácido. La muestra 45, con un pH de 4,2 es la más ácida de todos los papeles analizados, la número 31 se encuentra entre las 5 peores, con un pH de apenas 5,3.

Ambos soportes ofrecen una escasa **resistencia al desgarr** dentro de los límites de la norma ISO, pero según la norma ANSI/NISO el papel vegetal (nº 31) quedaría descartado, al obtener un índice de desgarr de sólo 4,5 y 3,7 mNg/m² según la dirección de fibras.



A pesar de todo, en la resistencia al desgarró tras el envejecimiento artificial presentan resultados francamente asombrosos; el papel 31, que había reunido el requisito del índice kappa según ANSI/NISO, mantiene más del 80% de sus propiedades, con un f_L -D de 0,82 que lo incluye en el grupo de papeles que podrían alcanzar una duración de varios cientos de años. El papel 45, a pesar de su elevada acidez, llega incluso a alcanzar un f_L -I de 0,93, lo que implica la posibilidad de máxima permanencia. La cuestión es que estos valores mas que demostrar la resistencia al envejecimiento de los papeles, ponen en entredicho la capacidad para discriminar la permanencia mediante estos ensayos.

Las pruebas de resistencia al amarilleamiento son más concordantes con las alcanzadas respecto a las características químicas. El papel 31, con una reversión de color de casi 34 puntos y casi el 60% de pérdida de la blancura original, se sitúa en el penúltimo y último puesto de ambas escalas de comparación al resto de los papeles. En el nº45 los resultados son mejores, aunque sin escapar de la descalificación, al obtener una reversión de 19 puntos con un porcentaje de pérdida de algo más del 20%.

En resumen, es obvio que ninguno de los papeles translúcidos analizados se adecúa a unas exigencias mínimas de permanencia, reforzando una vez más la conjetura de que los soportes de poliéster no son una alternativa viable.

V - Desacidificación y evaluación de resultados



Lámina VIII

1. JUSTIFICACION DEL TRATAMIENTO DE DESACIDIFICACION

Desde que a mediados del siglo XIX Faraday, Calvert y Letbely pusieron en evidencia los efectos nocivos de la acidez en los papeles (Favier, 1991), hasta finales de nuestro siglo, cuando se realizan sofisticadas investigaciones a la búsqueda de un método eficaz para la desacidificación en masa, ha transcurrido el suficiente tiempo, y los avances necesarios, para esclarecer los antiguos conceptos sobre restauración y preservación del papel.

La acidez es la mayor causa del deterioro de los papeles modernos; puede encontrarse en el medio ambiente, a modo de contaminación atmosférica, y ser capaz de pasar al papel en forma de ácido sulfúrico (oxidación catalítica del dióxido de azufre); puede provenir de las tintas (mordiente de las tintas metaloácidas) que son capaces de afectar al papel hasta perforarlo; puede deberse a la propia composición del papel, al haberse incorporado durante el proceso de fabricación elementos como el alumbre, impurezas metálicas, lignina, etc., y también puede provenir de la autodegradación de la celulosa, favorecida por causas naturales (temperatura, humedad y luz) (Hey, 1975; Peinado, 1980).

Los efectos de la acidez sobre la celulosa han sido ampliamente estudiados por diversos autores¹. Es un hecho su influencia en los procesos de envejecimiento natural del papel (Barrow, 1964; William y Wilson, 1980), y actualmente nadie pone en duda sus efectos perniciosos.

¹ En Browning (1977, 323-325) aparecen múltiples referencias al respecto.

Estos conocimientos, difundidos ampliamente a partir de 1940 con las investigaciones de Barrow (1960, 1963, 1967 y 1969), ocasionaron un cambio de conceptos en los tratamientos restauradores, propiciando las técnicas modernas de restauración del documento gráfico.

El concepto actual de la restauración, exige que las intervenciones vayan encaminadas a salvaguardar los valores intrínsecos de la obras a través de la conservación de la materia; es decir, hace primar los aspectos relativos a la permanencia y durabilidad de la pieza frente a los aspectos puramente estéticos o aparentes. De hecho, los tratamientos encaminados a corregir los problemas de acidez (la desacidificación) implican en sí este nuevo concepto: **al desacidificar un papel éste queda en apariencia idénticamente igual a su estado anterior, pero se prolonga su vida, al minimizar una de las principales causas de deterioro.**

Para lograr esta prolongación de la vida de papeles deteriorados por causa de la acidez, es necesario realizar un tratamiento capaz de neutralizar los grupos ácidos de la celulosa, transformándolos en compuestos estables; este tratamiento de neutralización, llevado normalmente a cabo con hidróxidos o sales básicas, es lo que en el mundo de la restauración del documento gráfico recibe el nombre de desacidificación (Peinado, Martín y Grande; 1988). **Un tratamiento desacidificador será mas adecuado cuando, siendo inocuo, además de conseguir neutralizar la acidez intrínseca, sea capaz de dejar una "reserva alcalina" que, a modo de "vacuna", permanezca entre las fibras previniendo el efecto de alteraciones potenciales.**

La influencia positiva de los tratamientos de desacidificación en la permanencia de los papeles también ha sido ampliamente probada; los papeles desacidificados aumentan su resistencia mecánica y disminuyen la pérdida de blancura tras los ensayos de envejecimiento artificial, tanto en seco (Barrow, 1963), como en húmedo (Previlova y Istrubtina, 1968; Kelly, 1972; Santucci, 1972) o en situaciones extremas, como puede ser en presencia de contaminación (Daniel, Flieger y Leclerc, 1988 y 1991).

Existen varios métodos de desacidificación ampliamente aceptados, según se realicen en medio acuoso (carbonato cálcico, hidróxido cálcico, tetraborato sódico), en medio alcohólico (hidróxido bórico, metóxido de magnesio) o se apliquen en forma atomizada o mediante un gas (dietil de zinc, carbonato de etilmagnesio) (Crespo y Viñas, 1984).

El sistema que hasta ahora ha demostrado mayor eficacia es la desacidificación en medio acuoso; esto requiere sumergir los papeles en un baño con el producto desacidificador. La desacidificación en medios no acuosos se emplea en el caso de documentos con tintas solubles en agua, y la desacidificación gaseosa es la vía en experimentación, que supondrá, en un futuro cercano, un rápido y económico tratamiento, al evitar el desmontaje y posterior baño/secado/alisado de los papeles.

Para realizar un tratamiento de desacidificación acuosa se pueden emplear varios productos desacidificadores con probada eficacia (Viñas y Viñas, 1988, 28); de todos ellos los más comunes en los laboratorios españoles de restauración han sido el tetraborato sódico (borax) y el hidróxido cálcico; en particular este último es el más aconsejado por diferentes investigaciones

realizadas por el Centro Nacional de Libros y Documentos, hoy en día Servicio de Libros y Documentos del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos, 1977; Peinado, 1977 y 1980; Peinado, Martín y Grande, 1986).

El hidróxido cálcico $[(OH)_2Ca]$ o comúnmente "agua de cal", es un polvo cristalino blanco poco soluble en agua. Se prepara por sobresaturación, dejando que se decante la mezcla (aproximadamente 1,5 g/l de agua), una vez posado en el fondo del recipiente se extrae el líquido sobrenadante, que es el empleado para bañar los documentos y realizar así la desacidificación. El hidróxido cálcico (soluble) se introduce en el papel por medio del agua, y durante el secado reacciona con el dióxido de carbono de la atmósfera, transformándose en carbonato cálcico (insoluble)¹. Este carbonato cálcico es lo que constituye la reserva alcalina, capaz de preparar al soporte para resistir más fácilmente un futuro ataque ácido. El hidróxido cálcico es *"el más práctico de los desacidificadores acuosos dado su bajo coste, facilidad de preparación y excelentes resultados"* (Crespo y Viñas, 1984, 75).

Nuestra propuesta para este capítulo de la investigación es que si los métodos desacidificadores son capaces de mejorar las cualidades de permanencia de los papeles ya degradados, también pueden hacerlo en los que aún no han comenzado su degradación. Ante un papel inadecuado, principalmente a causa de su acidez intrínseca, la desacidificación puede actuar a modo de prevención de las alteraciones futuras.

¹ $(OH)_2Ca + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

Si los papeles de los que dispone o prefiere un artista no se adecúan a las exigencias de permanencia, éstas podrán ser aumentadas desacidificando los soportes a modo de preparación, antes de iniciar la creación de la obra de arte.

Lo ideal sería que se dispusiera de papeles con suficiente reserva alcalina, y que no hiciese falta la desacidificación, pero, como han demostrado los análisis, un buen número de papeles adolecen de esta propiedad.

Si un artista desea mejorar la permanencia de su obra, debe cerciorarse de que los papeles que está empleando como soporte no sean ácidos. Ya vimos cómo la comprobación se puede hacer muy fácilmente, empleando un lápiz indicador de pH: se desgarrá el papel y se "pinta" el interior de las fibras; si la coloración resulta púrpura el soporte es alcalino, si es amarilla es ácido.

Caso de que sea ácido y no se opte por otro de características óptimas, existe la posibilidad de desacidificarlo previamente. Para desacidificar se baña el papel durante 20 minutos en una disolución decantada de hidróxido cálcico saturado (simplemente mezclar 1,5 g/l. de agua y dejar reposar).

Hay que tener en cuenta que, además de ser importante que los papeles sean "neutros" o "sin ácido", también es necesario que posean una "reserva alcalina", propiedad de la que no podemos cerciorarnos nada más que con análisis químicos más complejos (Véase Capítulo IV, 4.2.2.).

En artistas especialmente preocupados por la duración de su obra puede ser buena rutina desacidificar automáticamente todos los soportes empleados. En este caso se nos plantea la duda de si la desacidificación también aumentará las propiedades de los soportes no ácidos, o si de lo contrario puede afectarlos negativamente.

Teniendo en cuenta lo dicho, en este capítulo planteamos la eficacia de la desacidificación como "prevención" de daños químicos, tanto en papeles permanentes como no permanentes, porque "daños químicos" provocados en gran parte por problemas derivados de la acidez son los responsables del amarilleamiento y fragilidad a que están condenadas la mayoría de las obras modernas sobre papel.

2. HIPOTESIS DE PARTIDA

En el Capítulo anterior (IV, 5.1.3.2.) pudimos demostrar mediante análisis estadístico cómo la acidez está estrechamente relacionada con la permanencia de los papeles. Así, en términos generales, podemos esperar que cuanto más ácido sea un papel más se deteriorará con el paso del tiempo.

Esta relación implica una fuerte tendencia a cumplir las siguientes aseveraciones respecto a la **acidez en relación con la permanencia**:

1) A mayor acidez de las muestras, menor retención de las propiedades de **resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado**:

- *La acidez disminuye la resistencia mecánica de los papeles durante el envejecimiento.*

2) A mayor acidez mayor **pérdida de blancura** de las muestras tras el **envejecimiento acelerado**:

- *La acidez aumenta el amarilleamiento de los papeles durante el envejecimiento.*

3) A mayor acidez menor "factor de duración de vida" según adaptación de la norma DIN:

- *La acidez disminuye la permanencia, entendida como resistencia al desgarro tras el envejecimiento.*

4) A mayor acidez menor probabilidad de que un papel pueda ser considerado como **permanente**, según las normas ISO, ANSI/NISO y adaptación de DIN:

- *La acidez disminuye la permanencia de los papeles.*

Siendo ciertas estas aseveraciones, podemos esperar que la desacidificación de los papeles sea un tratamiento efectivo y prolongue la vida de las futuras obras de arte.

Según lo expuesto anteriormente, comparando las características de papeles desacidificados y sin desacidificar, es predecible que se cumplan las siguientes aseveraciones e hipótesis de partida respecto a la eficacia de la desacidificación:

1) La acidez de las muestras desacidificadas será menor que la de las mismas muestras sin desacidificar, sobre todo en el caso de aquellas consideradas inicialmente como no alcalinas:

- *La desacidificación disminuye la acidez de los papeles.*

2) La reserva alcalina de las muestras desacidificadas será mayor que la de las muestras sin desacidificar, sobre todo en el caso de las consideradas con reserva insuficiente:

- *La desacidificación aumenta la reserva alcalina.*

3) La retención de las propiedades de resistencia al desgarrar tras el envejecimiento acelerado será mayor en el caso de las muestras desacidificadas, sobre todo si éstas no cumplían inicialmente los requisitos de acidez y reserva alcalina:

- La desacidificación aumenta la retención de la resistencia durante el envejecimiento.

4) El "factor de duración de vida" estimado según adaptación de DIN, será mayor en las muestras desacidificadas, sobre todo en el caso de que éstas incumplieran inicialmente los requisitos de acidez y reserva alcalina según ISO y ANSI/NISO:

- La desacidificación aumenta la esperanza de vida de los papeles.

5) La pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado será menor en las muestras desacidificadas, sobre todo en el caso de que éstas incumplieran los requisitos iniciales de acidez y reserva alcalina:

- La desacidificación disminuye la pérdida de blancura durante el envejecimiento.

6) La desacidificación, al corregir los efectos de la acidez, puede aumentar la permanencia de los papeles; el descenso de acidez y aumento de reserva alcalina repercutirán positivamente en la permanencia de las muestras ocasionando los siguientes efectos:

a) Podrán ser consideradas como permanentes, según ISO y ANSI/NISO, algunas de las muestras que inicialmente no lo eran por incumplir los requisitos de acidez y/o reserva alcalina.

b) Retendrán al menos el 80% de la resistencia al desgarro inicial algunas de las muestras que anteriormente no alcanzaban dicho límite, sobre todo en el caso de aquellas que incumplían los requisitos de acidez y reserva alcalina según ISO y ANSI/NISO.

c) Algunas de las muestras alcanzarán un "factor de duración de vida" mínimo de 85, sobre todo en el caso de aquellas que incumplían los requisitos de acidez y reserva alcalina según ISO y ANSI/NISO.

d) Algunas de las muestras que incumplían los requisitos de acidez y reserva alcalina según ISO y/o ANSI/NISO alcanzarán una pérdida de blancura similar a la obtenida en papeles considerados inicialmente como permanentes.

Tras estos postulados consideraremos que el tratamiento de desacidificación es más eficaz cuanto mayor sea el número de muestras transformadas en permanentes, y cuanto menor sea el amarilleamiento que se produzca durante el envejecimiento acelerado.

3. LA DESACIDIFICACION COMO TRATAMIENTO

3.1. DESCRIPCION DEL METODO

En este ensayo se decidió descartar los papeles sintéticos (muestras 30 y 49), pues por sus características hidrófugas son incompatibles con la eficacia del tratamiento, analizando por tanto 53 muestras de los 55 tipos de papel iniciales.

Para cada muestra se escogieron aleatoriamente un mínimo de 12 pliegos, con tamaño aproximado DIN A 3, que se numeraron con lápiz de grafito para su posterior identificación; en total se trataron más de 600 hojas.

Para llevar a cabo la desacidificación de las muestras se procedió según el método más comúnmente empleado como tratamiento de conservación en los laboratorios de restauración españoles: inmersión en disolución acuosa de hidróxido cálcico (Centro Nacional de Restauración, 1977; Crespo y Viñas, 1984; Viñas y Viñas, 1988; etc.).

La disolución de hidróxido cálcico $[(OH)_2Ca]$ se preparó por saturación en agua, al 0.15%, y se dejó reposar durante 24 horas en espera de que se posase el hidróxido en el fondo del contenedor, para emplear en el tratamiento solamente el líquido sobrenadante.

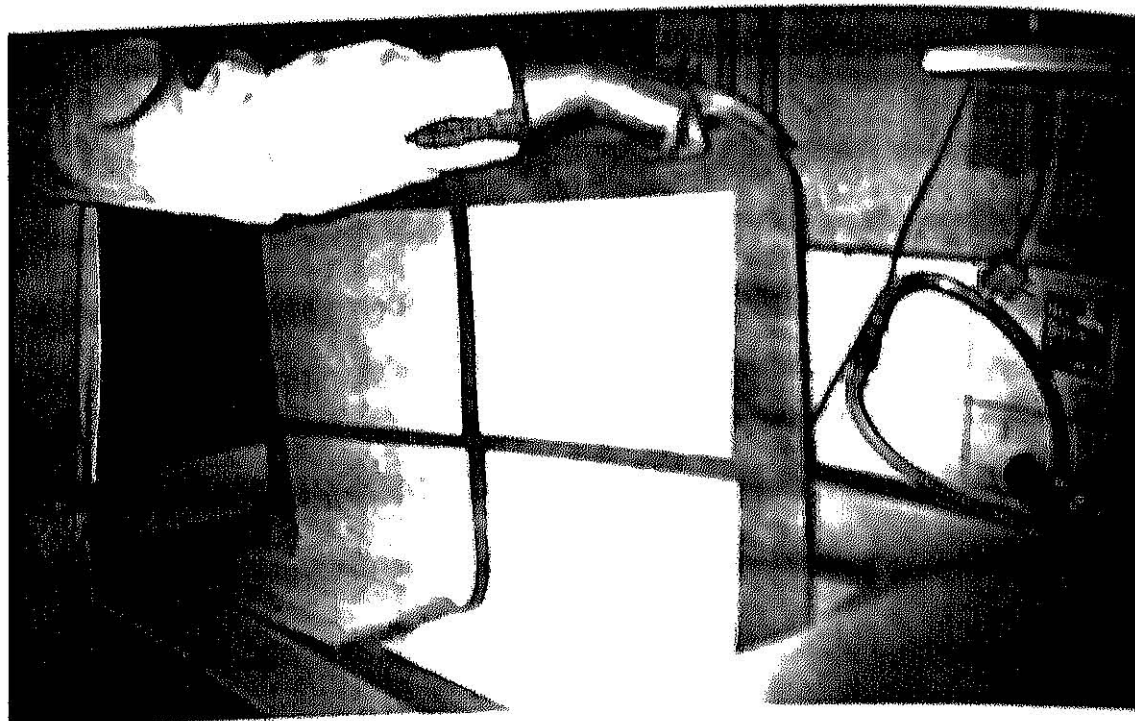


Fig. 71 - Extracción de las muestras del baño de desacidificación



Fig. 72 - Secado de las muestras mediante oroa

Para controlar el grado de alcalinidad de la disolución, se midió el pH con tiras indicadoras Merck; el pH del líquido sobrenadante fue en todos los casos aproximadamente 11-12.

Una vez vertida la disolución de hidróxido cálcico (unos 30 litros) sobre una cubeta, se fueron introduciendo cada una de las hojas, protegiéndolas previamente con un "reemay"¹: colocado el "reemay" sobre el fondo de la cubeta, se cubría su superficie con 4 hojas, sobre estas hojas se colocaba otro "reemay", y sobre éste más probetas, y así sucesivamente hasta sumergir un número variable de hojas, dependiendo de su grosor, de manera que el total quedara siempre suficientemente cubierto con el preparado de hidróxido cálcico².

Transcurrida como mínimo una hora desde el momento de haber depositado la última hoja en la disolución, se daba la vuelta al conjunto para comenzar la extracción desde la primera hoja introducida, así se consigue igualar el tiempo del baño para cada una de las probetas.

Normalmente basta con 20 minutos para conseguir una desacidificación adecuada, pero como el tiempo depende de la capacidad de absorción de cada papel, su gramaje, encolado y satinado, se decidió triplicar el tiempo, al considerar que así sería suficiente para todos los casos.

La extracción se efectúa sacando cada vez un "reemay", sobre el que quedan adheridas 4 hojas; el conjunto se deposita sobre un papel secante para que absorba el exceso de humedad, e inmediatamente pasa a un secadero de rejillas metálicas, donde permanece para que las hojas se oreen. Una vez oreadas, sin que se llegue al secado total, se superpone otro "reemay" sobre las hojas, y el conjunto se coloca entre dos

¹ El "reemay" es un tejido no tejido sintético (fibra de poliéster) parecido a la entretela. Se emplea frecuentemente por los restauradores de papel como soporte para evitar la manipulación directa del documento, sobre todo en el caso de tratamientos acuosos.

² Para la desacidificación de todas las muestras fue preciso preparar un total de 7 baños.

secantes, formando una pila con el resto de las probetas. Sobre esta pila se colocan suficientes tableros para impedir que los papeles se deformen durante el secado definitivo.

Es importante que el secado inicial se realice mediante oreo, pues es en este momento cuando el hidróxido cálcico se transforma en carbonato cálcico dentro del papel (reserva alcalina) gracias a la acción del dióxido de carbono presente en la atmósfera¹.

Una vez secos, se reagruparon todas las probetas según el tipo de muestra, y se mantuvieron en atmósfera acondicionada a la espera de los siguientes ensayos:

A) Medición del pH por extracción acuosa en frío (ISO 6588) y por contacto (lápiz indicador), para obtener el aumento de la alcalinidad de los 53 tipos de papel tras el tratamiento de desacidificación. La finalidad es determinar la adecuación de cada tipo de papel a las exigencias de permanencia, en función del grado de acidez tras el tratamiento de desacidificación.

B) Obtención del porcentaje de carbonato cálcico en cada uno de los 53 tipos de papel desacidificados (ASTM-D 4988), calculando su contenido de reserva alcalina para determinar la adecuación de cada tipo de papel a las exigencias de permanencia, en función de su reserva alcalina.

¹ Para evitar que durante el secado las muestras quedaran contaminadas con microorganismos, cada día se oreaban las hojas mientras se sustituían los secantes húmedos por otros nuevos. Esta operación se llevó a cabo hasta el secado definitivo de todos los papeles.

C) **Envejecimiento acelerado** con calor húmedo (ISO 5630/3) de las muestras desacidificadas, para poder determinar la diferencia del comportamiento ante el paso del tiempo entre los papeles tratados y sin tratar.

D) Realización, tras el envejecimiento, de las pruebas de **resistencia al desgarro**, en ambas direcciones de fibra, en los 53 tipos de papel (ISO 1974-90), para calcular el aumento de resistencia debido a la desacidificación.

E) Determinación del **factor de reflectancia** en el azul (grado de blancura UNE: UNE 57-062-72), obteniendo el porcentaje de blancura de cada uno de los 53 tipos de papel después del envejecimiento acelerado, y su posterior comparación con las muestras sin desacidificar.

Tras la obtención de los datos, se calculó la **pérdida de propiedades mecánicas y ópticas**, en términos porcentuales respecto a la resistencia al desgarro, y a modo de diferencia en el caso de la blancura. Ambos datos, obtenidos al comparar los papeles envejecidos desacidificados y sin desacidificar, indicarán la eficacia del tratamiento de desacidificación como alternativa capaz de conseguir la permanencia en papeles inicialmente inadecuados.

Los resultados obtenidos en cada una de estas pruebas aparecen reflejados en la Tabla Comparativa B (Infra, 4.1.).

3.2 MODIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS

Partiendo de la premisa de que la acidez es uno de los problemas que más afectan a la permanencia de los papeles, se había propuesto el tratamiento de desacidificación, esperando que al ser capaz de reducir la acidez, sería capaz de aumentar la permanencia.

Pero antes de determinar la permanencia de los papeles sometidos al tratamiento, es imprescindible comprobar la eficacia del método empleado, respondiendo a dos preguntas fundamentales:

- *¿Realmente hemos logrado la desacidificación de los papeles?*
- *¿Hasta qué punto hemos sido capaces de disminuir la acidez y aumentar la reserva alcalina?*

La respuesta a ambas preguntas nos la da la repetición de los métodos de análisis para la determinación de la acidez y la reserva alcalina en las muestras desacidificadas, en las mismas condiciones que en el caso de los papeles no desacidificados.

3.2.1. Influencia de la desacidificación en el pH

Para la determinación del grado de acidez de los papeles desacidificados se siguió el mismo método que en el caso de los papeles no desacidificados; es decir, medición de la acidez interna por contacto, mediante lapiz indicador (Supra, IV, 4.2.1.2), y determinación de la acidez mediante extracto acuoso en frío (ISO 6588)(Supra, IV, 4.2.1.1).

Los resultados cualitativos, en términos porcentuales, son muy simples: según ambos tipos de medida, el 100% de los papeles, después del tratamiento, pueden considerarse como no ácido.

Los resultados numéricos pormenorizados aparecen en la Tabla n° 2, donde podemos ver el grado de acidez de cada papel antes y después de haber sido desacidificado, junto con el aumento de pH tras el tratamiento de desacidificación; en el Gráfico 25 podemos comparar las diferencias de resultados entre los mismos papeles, desacidificados y sin desacidificar.

Tabla 2 - Acidez antes (pH 1) y después (pH2) de la desacidificación

Nº	pH 1	pH 2	Diferencia	Nº	pH 1	pH 2	Diferencia	Nº	pH 1	pH 2	Diferencia
1	8,2	8,7	0,50	19	5,2	7,7	2,50	37	6,2	7,7	1,50
2	7,5	8,1	0,60	20	7,9	8,1	0,20	38	8,3	8,7	0,40
3	8,4	8,8	0,40	21	5,9	7,8	1,90	39	5,8	7,7	1,90
4	8,2	8,8	0,60	22	5,4	7,6	2,20	40	7,4	7,5	0,10
5	7,7	8,5	0,80	23	7,6	8,2	0,60	41	4,6	8,7	4,10
6	8	8,6	0,60	24	8,5	8,7	0,20	42	7,4	8,9	1,50
7	5,5	8,6	3,10	25	7,3	8,4	1,10	43	6,8	9	2,20
8	7,8	8,2	0,40	26	7	7,4	0,40	44	7,6	8	0,40
9	7,1	8,1	1,00	27	6,8	8,1	1,30	45	4,2	9,3	5,10
10	8,1	8,1	0,00	28	7	8,3	1,30	46	6,9	7,8	0,90
11	7,5	8,3	0,80	29	7,6	8,3	0,70	47	8,5	8,3	-0,20
12	7,7	8,1	0,40	30	6,3	---	---	48	7,7	8	0,30
13	8,3	8,3	0,00	31	5,3	8,3	3,00	49	8	---	---
14	7,6	8	0,40	32	5,6	7,8	2,20	50	7,8	8,9	1,10
15	7,3	8,1	0,80	33	7,7	7,9	0,20	51	7,3	8,4	1,10
16	8	8,7	0,70	34	4,8	8	3,20	52	7,2	8,3	1,10
17	6,8	8,2	1,40	35	6,2	7,5	1,30	53	7	8,5	1,50
18	6,4	8,1	1,70	36	9,4	9	-0,40	54	6,7	8,5	1,80
								0	6,4	8	1,60

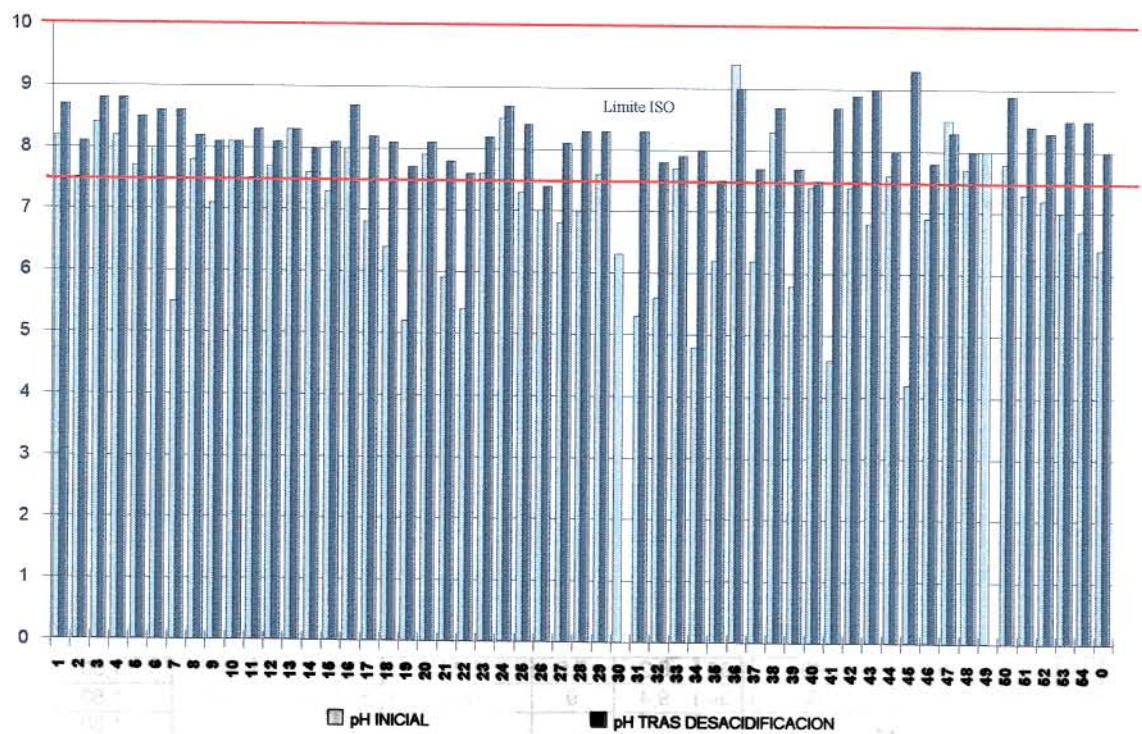


GRAFICO 25 - pH antes y después de la desacidificación

La tendencia general ha sido la de disminuir la acidez de los papeles (o, lo que es igual, aumentar la alcalinidad), hasta situarlos en un rango de pH de 7,5 a 9.

Como podemos comprobar en el gráfico, la medición del pH por extracción acuosa indica que todos los papeles alcanzan un pH óptimo, es decir, un mínimo de 7,5. La única excepción (muestra n° 26), con un pH de 7,4, no debe ser tomada en cuenta como tal por su extrema cercanía al límite establecido.

Los papeles que tenían originalmente un pH y una reserva alcalina muy elevados, muestras 36 y 47, al contrario del resto del grupo, pierden alcalinidad, y de pH 9,4 y 8,5 pasan a 9 y 8,3 respectivamente. Estas diferencias son pequeñas en términos porcentuales, pero podrían indicar la disolución en el baño desacidificador de alguno de los componentes responsables del elevado pH. Esto no tiene por que ser perjudicial, ya que los valores siguen sobrepasando los límites establecidos.

Como conclusión, y en vista de los resultados, podemos decir que el tratamiento de desacidificación ha sido plenamente eficaz para la disminución de la acidez. Ha variado el pH de todos los papeles, incluso el de los más ácidos (como ejemplo véase la muestra 45: de un pH 4,2 a 9,3) hasta alcanzar los límites óptimos.

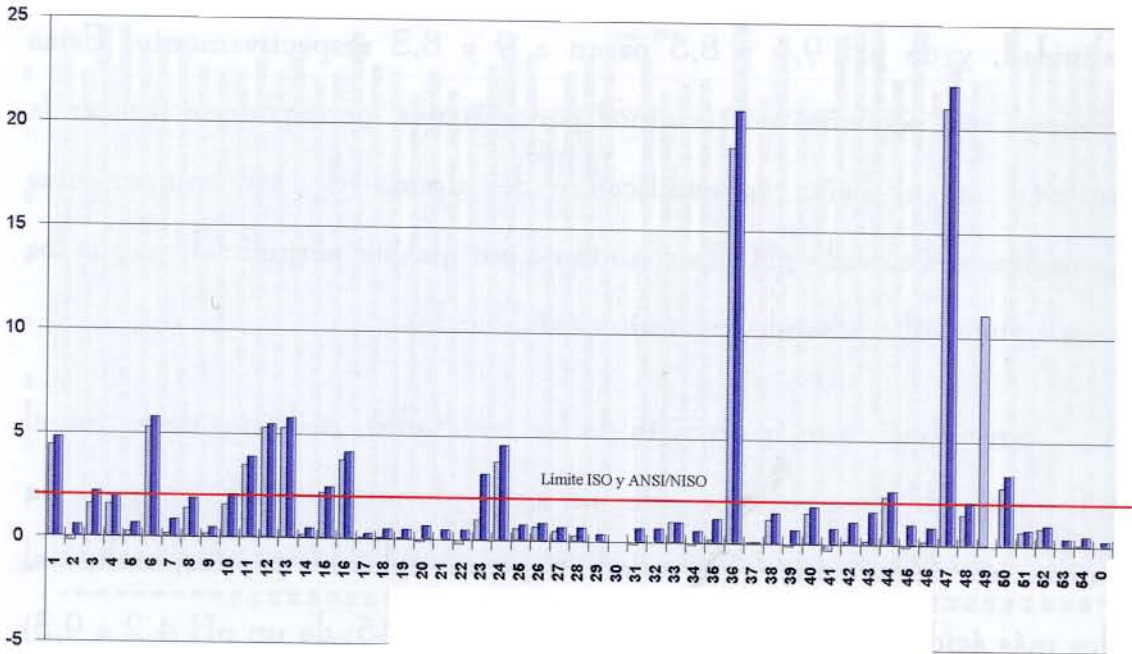


GRAFICO 26 - Comparación de la reserva alcalina antes (1-celeste) y después (2-marino) de la desacidificación

3.2.2. Influencia de la desacidificación en la reserva alcalina

La determinación de la reserva alcalina de los papeles desacidificados se llevó a cabo en idénticas condiciones que en el caso de los papeles sin desacidificar, siguiendo la norma ASTM D-4988-89 "*Standard Test Method for Determination of Calcium Carbonate Content of Paper*", según las modificaciones propuestas por la norma ISO 9706 (Supra IV, 4.2.2.).

Los resultados se muestran en la Tabla 3 y en el gráfico 26, aparece la reserva alcalina de los papeles antes de ser desacidificados, su valor tras la desacidificación y el aumento del contenido de carbonato cálcico en cada uno.

Como podemos observar, la reserva alcalina de los papeles ha aumentado, al menos ligeramente, en todos los casos, aunque no lo suficiente como para hacer alcanzar el grado óptimo a la mayoría.

Todas las muestras que originalmente tenían una reserva alcalina cercana al 1,5% (un total de 7 muestras, incluida una con 1,4%), han aumentado lo suficiente para llegar al 2% considerado como mínimo ideal. Es decir, el tratamiento de desacidificación ha sido plenamente eficaz cuando los papeles necesitaban un aumento máximo de 0,5.

Así, podemos decir que 100% de los papeles desacidificados han aumentado su reserva alcalina, y que 36% de ellos, frente al 24% de los papeles sin desacidificar, alcanzan el grado óptimo (mínimo del 2% de reserva alcalina).

En conclusión, podemos afirmar que el tratamiento de desacidificación ha sido eficaz para aumentar la reserva alcalina de todos los papeles, pero no lo suficientemente eficaz como para adecuarla plenamente a los límites óptimos.

TABLA 3 - Reserva alcalina antes (1) y después (2) de la desacidificación

Nº	Res Alc 1	Res Alc 2	Diferencia	Nº	Res Alc 1	Res Alc 2	Diferencia
1	4,4	4,8	0,40	28	0,3	0,7	0,40
2	-0,2	0,6	0,80	29	0	0,4	0,40
3	1,6	2,2	0,60	30	0	---	---
4	1,6	2	0,40	31	-0,1	0,7	0,80
5	0,3	0,7	0,40	32	0	0,7	0,70
6	5,3	5,8	0,50	33	1	1	0,00
7	0,2	0,9	0,70	34	-0,1	0,6	0,70
8	1,4	1,9	0,50	35	0,2	1,2	1,00
9	0,2	0,5	0,30	36	19	20,8	1,80
10	1,6	2,1	0,50	37	0,1	0,1	0,00
11	3,5	3,9	0,40	38	1,2	1,5	0,30
12	5,3	5,5	0,20	39	-0,1	0,7	0,80
13	5,3	5,8	0,50	40	1,5	1,8	0,30
14	0,2	0,5	0,30	41	-0,3	0,8	1,10
15	2,2	2,5	0,30	42	0,2	1,1	0,90
16	3,8	4,2	0,40	43	0,2	1,6	1,40
17	0,1	0,3	0,20	44	2,3	2,6	0,30
18	0,1	0,5	0,40	45	-0,1	1	1,10
19	0,1	0,5	0,40	46	0,2	0,9	0,70
20	-0,1	0,7	0,80	47	21	22,1	1,10
21	0	0,5	0,50	48	1,5	2,1	0,60
22	-0,2	0,5	0,70	49	11,1	---	---
23	1	3,2	2,20	50	2,8	3,4	0,60
24	3,8	4,6	0,80	51	0,7	0,8	0,10
25	0,6	0,8	0,20	52	0,9	1	0,10
26	0,7	0,9	0,20	53	0	0,4	0,40
27	0,5	0,7	0,2	54	0,1	0,5	0,40
				0	0	0,3	0,3

3.2.3. Adecuación del método empleado para la desacidificación

Respondiendo a las preguntas formuladas en el apartado anterior (2.2.2.) sobre si realmente habíamos logrado la desacidificación de los papeles y hasta qué punto habíamos sido capaces de disminuir la acidez y aumentar la reserva alcalina, podemos afirmar que:

- *Se ha logrado la desacidificación de todos los papeles*
- *Se ha eliminado la acidez lo suficiente para obtener un pH óptimo en toda la muestra*
- *Se ha elevado en todos los casos la reserva alcalina, si bien no se ha podido alcanzar en todos los papeles el límite recomendable.*

Tal como han demostrado muchos de los autores citados, la desacidificación con hidróxido cálcico disminuye la acidez de los papeles y aumenta su reserva alcalina.

El grado preciso en que esto ocurra está influido por múltiples variables; además de estar condicionado por el tratamiento (tipo de desacidificador, concentración, medio para la disolución, tiempo, temperatura, método de secado...), también depende del tipo de papel, tanto de sus cualidades químicas iniciales (acidez y reserva alcalina anteriores), como de sus características físicas (capacidad de absorción, grosor, satinado, encolado, etc.). Dependiendo del tipo de papel, es bastante probable que el límite máximo de reserva alcalina que

pueda alcanzarse con la desacidificación esté, tal como ocurre con muchos de nuestros papeles, muy por debajo del 2%¹.

Independientemente de estas condiciones, podemos estar seguros de haber logrado la desacidificación de los papeles y el aumento de su reserva alcalina; el tratamiento desacidificador se ha revelado eficaz en este aspecto, y ha logrado modificar dos de las tres características químicas del papel que influyen en su permanencia: la acidez y la reserva alcalina.

Ante estos resultados, queda preguntarnos hasta qué punto esas características están influyendo en el comportamiento del papel y si su modificación va a ser capaz no sólo de variar unos requisitos que implican la adecuación a una normativa (normas ISO y ANSI/NISO), sino también, y es lo más importante, si va a influir tangiblemente en la permanencia, logrando que el papel, tras el envejecimiento, conserve unas mínimas cualidades: la resistencia a la manipulación mecánica y, sobre todo, la blancura.

Esperamos que estas cuestiones se resuelvan satisfactoriamente, dada la comprobada influencia de la acidez en la resistencia ante el envejecimiento acelerado (Supra IV, 5.1.3.2.).

¹ Según un estudio del "American Institute for Conservation" (Kelly, 1978), hay un límite máximo de aumento de reserva alcalina en cada papel, y éste se puede lograr dependiendo del volumen y concentración de la disolución desacidificadora, el tiempo, la tensión superficial de la disolución, el disolvente, la temperatura y agitación del baño, el número de hojas que se bañen a la vez y el espacio entre ellas, la acidez del papel, su reapresto y su porosidad.

4. MODIFICACION DE LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES DESACIDIFICADOS

4.1. PERMANENCIA DE LOS PAPELES DESACIDIFICADOS SEGUN LAS NORMAS ISO y ANSI/NISO

Recordamos cómo para considerar un papel permanente, tanto la norma ISO 9706 como la norma ANSI/NISO Z39.48 recurrían a las características iniciales, y según la resistencia al desgarramiento (índice de desgarramiento en el caso de ANSI/NISO), el porcentaje de lignina o resistencia a la oxidación (número Kappa), acidez y reserva alcalina, se decidía si podía o no ser considerado como permanente.

Mediante la técnica de la desacidificación hemos conseguido modificar dos de estas variables: la acidez y la reserva alcalina, y con ello papeles que anteriormente no podían ser considerados adecuados por incumplir alguno de estos dos requisitos, ahora los cumplen. Es decir, puede considerarse que se han transformado en "papeles permanentes" según las normas ISO o ANSI/NISO.

La Tabla Comparativa B refleja los resultados obtenidos tras el análisis de los papeles desacidificados. Al igual que los papeles sin desacidificar (Tabla Comparativa A), aparecen sombreadas en verde las casillas de los resultados que pueden considerarse válidos, y en amarillo aquellas que aunque no lo sean estrictamente, deberían considerarse como tales, dada la cercanía al límite frente a la precisión del examen.

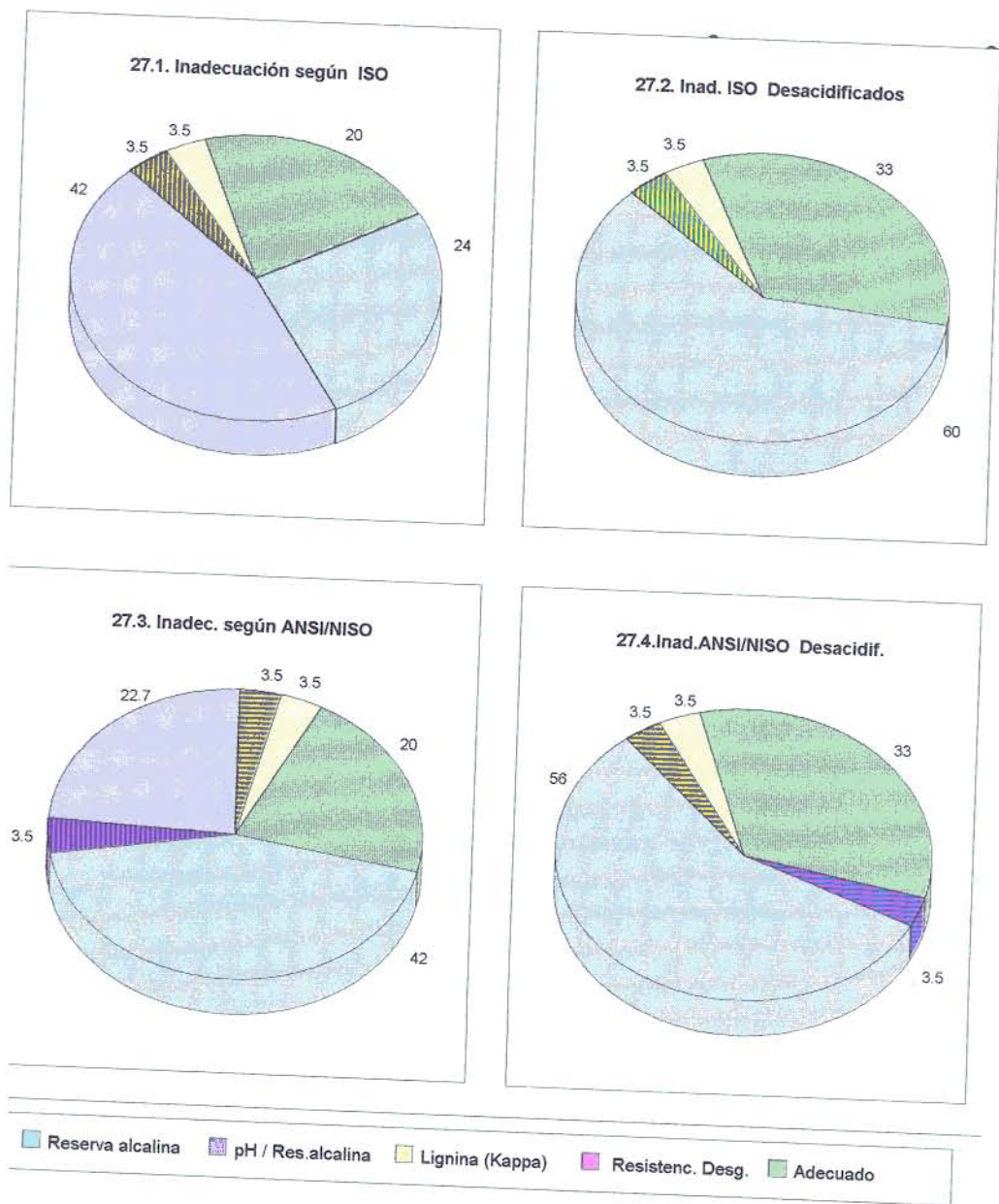


GRAFICO 27 - Adecuación a las normas de permanencia antes y después de la desacidificación

Comparando el cuadro de resultados, respecto a la adecuación a las exigencias de las normas ISO y ANSI/NISO, se aprecia que tras la desacidificación mayor número de papeles se ciñen a la norma. Incluso los menos satisfactorios se acercan a su cumplimiento. Siete de los papeles que anteriormente no reunían el requisito de reserva alcalina lo alcanzan ahora, y pueden incluirse en la categoría de papeles permanentes.

Sólo han alcanzado este rango las muestras que anteriormente quedaban en los límites de la adecuación, con un pH suficiente y que por tanto sólo requerían un pequeño aumento de reserva alcalina. Pero lo importante es comprobar que ya no existe ningún papel con resultados excesivamente negativos, y aunque no se llegue al estatus de permanencia, se está mucho más cerca de él.

Concretando los resultados: antes de la desacidificación sólo el 20% de los papeles de la muestra podían ser considerados permanentes según las normas ISO y ANSI/NISO; ahora lo son un 33%.

Según la norma ANSI/NISO, el resto del porcentaje de los papeles desacidificados se distribuye de la siguiente manera:

- 56,5% con reserva alcalina inadecuada
- 3,5% con fallos en reserva alcalina e índice Kappa
- 3,5% con incumplimientos en reserva alcalina y resistencia al desgarró
- 3,5% con excesiva lignina.

TABLA COMPARATIVA B

Adecuación de los papeles desacidificados a los distintos criterios de permanencia

Nº	DES T1	DES M1	Acid 2	CaCO3	Kappa	ID T1	ID M1	ph2	%T 1-3	%M 1-3	fl-D2	BL 1-3	Nº
1	1.216	1.048	8,70	4,8	<3	7,70	6,64	1	95,81	96,82	0,97	11,61	1
2	1.642	1.579	8,10	0,6	<3	7,44	7,15	1	98,33	98,26	0,98	11,71	2
3	992	673	8,80	2,2	<3	10,85	7,37	1	99,36	97,20	0,97	11,50	3
4	1.678	1.132	8,80	2	<3	13,06	8,82	1	96,73	100,34	1,00	11,64	4
5	1.061	826	8,50	0,7	<3	6,77	5,27	1	93,16	98,58	0,98	5,27	5
6	961	844	8,60	5,8	<3	8,94	7,85	1	84,97	81,97	0,81	16,66	6
7	838	789	8,60	0,9	<3	9,13	8,59	1	94,14	94,72	0,94	11,90	7
8	1.268	1.114	8,20	1,9	<3	7,88	6,93	1	96,43	92,43	0,91	15,40	8
9	---	1.964	8,10	0,5	<3	---	12,81	1	---	94,52	0,94	13,36	9
10	2.247	1.921	8,1	2,1	<3	9,24	7,90	1	99,91	104,90	1,05	19,01	10
11	---	2.351	8,3	3,9	<3	---	7,04	1	---	96,83	0,97	18,84	11
12	3.292	2.676	8,1	5,5	<3	10,94	8,89	1	97,14	96,77	0,97	12,26	12
13	4.336	3.312	8,3	5,8	<3	11,89	9,08	1	97,11	94,08	0,94	16,76	13
14	2.468	1.676	8	0,5	<3	8,60	5,84	1	97,93	102,58	1,03	20,17	14
15	1.472	1.275	8,1	2,5	<3	7,89	6,84	1	94,80	94,77	0,95	18,29	15
16	1.752	1.299	8,7	4,2	<3	8,67	6,42	1	98,77	96,83	0,97	13,21	16
17	---	2.665	8,2	0,3	<3	---	8,68	1	---	99,91	1,00	12,33	17
18	1.766	1.636	8,1	0,5	4,1<5	7,19	6,67	1	99,11	94,84	0,95	17,74	18
19	1.827	1.603	7,7	0,5	<3	7,54	6,62	1	100,21	100,24	1,00	13,72	19
20	1.805	1.548	8,1	0,7	<3	7,06	6,06	1	94,24	86,82	0,86	16,04	20
21	1.842	1.895	7,8	0,5	<3	6,37	6,55	1	101,06	96,69	0,97	17,85	21
22	2.388	2.099	7,6	0,5	<3	10,32	9,07	1	101,64	105,24	1,05	4,90	22
23	1.960	1.740	8,2	3,2	<3	7,59	6,74	1	95,40	96,95	0,97	8,15	23
24	1.719	1.450	8,7	4,6	<3	6,84	5,77	1	96,12	94,05	0,94	2,66	24
25	2.443	2.160	8,4	0,8	<3	9,64	8,52	1	101,85	94,91	0,95	11,07	25
26	1.952	1.613	7,4	0,9	<3	8,22	6,79	1	101,61	98,29	0,98	13,98	26
27	1.887	1.442	8,1	0,7	<3	8,15	6,23	1	103,85	99,04	0,99	8,96	27
28	2.199	1.797	8,3	0,7	<3	9,01	7,36	1	98,84	93,01	0,93	13,28	28
29	1.872	1.566	8,3	0,4	<3	6,23	5,21	1	107,97	100,12	1,00	6,33	29
30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	30
31	491	403	8,3	0,7	<3	4,51	3,70	1	117,37	109,00	1,10	21,75	31
32	1.705	1.611	7,8	0,7	<3	10,00	9,45	1	101,27	95,28	0,95	12,53	32
33	1.099	1.028	7,9	1	<3	8,57	8,02	1	94,11	94,47	0,94	12,75	33
34	1.334	1.293	8	0,6	<3	7,65	7,41	1	98,09	101,21	1,01	10,44	34
35	2.368	2.404	7,5	1,2	<3	9,31	9,45	1	101,82	98,69	0,99	11,63	35
36	723	623	9	20,8	>7	7,57	6,52	1	101,63	99,16	0,99	10,35	36
37	2.613	2.233	7,7	0,1	<3	8,70	7,44	1	87,99	88,22	0,88	7,75	37
38	1.024	877	8,7	1,5	<3	6,07	5,20	1	99,80	96,64	0,96	21,20	38
39	1.203	1.154	7,7	0,7	<3	7,56	7,25	1	98,05	99,14	0,99	11,56	39
40	3.312	2.570	7,5	1,8	<3	14,44	11,21	1	101,30	103,97	1,00	12,24	40
41	1.536	1.379	8,7	0,8	<3	19,85	17,82	1	94,77	89,62	0,89	10,82	41
42	---	2.551	8,9	1,1	<3	---	40,81	1	---	97,23	0,97	13,65	42
43	752	601	9	1,6	>7	29,85	23,86	1	91,83	95,92	0,96	7,03	43
44	---	2.352	8	2,6	>7	---	11,69	1	---	88,19	0,88	1,54	44
45	485	434	9,3	1	<3	6,07	5,43	1	111,74	112,22	1,14	17,20	45
46	2.037	1.695	7,8	0,9	>7	14,70	12,24	1	96,44	98,26	0,98	0,40	46
47	1.063	1.044	8,3	22,1	<3	7,15	7,02	1	85,61	87,22	0,87	5,50	47
48	---	1.314	8	2,1	4<5	---	6,49	1	---	90,96	0,91	26,98	48
49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	49
50	551	533	8,9	3,4	<3	6,94	6,71	1	106,23	107,55	1,08	10,12	50
51	---	2.109	8,4	0,8	<3	---	9,78	1	---	102,97	1,03	9,27	51
52	---	3.498	8,3	1	<3	---	9,98	1	---	98,15	0,98	16,43	52
53	---	1.113	8,5	0,4	<3	---	10,71	1	---	88,88	0,88	14,92	53
54	---	2.518	8,5	0,5	<3	---	16,15	1	---	99,92	1,00	10,19	54
0	576	553	8	0,3	<3	6,29	6,05	1	95,74	92,20	0,91	7,99	0

Excel.
Bueno
Límite
Malo

Des T1/Des M1= Resistencia al desgarro
Transv. / Long. (mN)
IDT1 / IDMT= Índice de desgarro, transv. / long.
%T1-3 / %M1-3= Retención resistencia transv./log.
BI 1-3= Reversión de blancura tras desacidificación.

Acid 2= pH tras desacidif. ; extracc. acuosa.
CaCO3= Reserva alcalina tras desacidif. (%)
pH 2=pH tras desacidificación; por contacto
Kappa= Índice Kappa
fl-D2= Factor de duración tras desacidif.

Adecuándonos a la norma ISO 9706, el total restante quedaría de la siguiente forma:

- 60% con escasa reserva alcalina,
- 3,5% con poca reserva y mucha lignina, y
- 3,5% con exceso de lignina.

La desacidificación de los papeles ha conseguido aumentar el número de aquellos que pueden ser considerados como permanentes según las normas ISO y ANSI/NISO, y disminuir el grado de inadecuación de los que no las cumplen.

4.2. PERMANENCIA DE LOS PAPELES DESACIDIFICADOS TRAS EL ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Hasta ahora la desacidificación ha demostrado su capacidad para adaptar algunos papeles al cumplimiento de las normas ISO y ANSI/NISO, pero ¿hasta qué punto ha podido prolongar las esperanzas de vida útil de todos ellos?

En el estudio de la permanencia de cada uno de los papeles que componen la muestra quedó en evidencia cómo, entre los requisitos impuestos por las normas ISO y ANSI/NISO, el que más afectaba a los resultados tras el envejecimiento acelerado era la acidez (Supra IV, 5.1.3.2.).

En términos generales, podía comprobarse cómo la acidez tendía a perjudicar la retención de las propiedades mecánicas y ópticas; los papeles no ácidos obtenían una retención de la resistencia al desgarrar de al menos el 80% de la resistencia inicial, y tenían una reversión de la blancura de menos de 13 puntos.

Mediante el tratamiento de desacidificación se ha conseguido que todos los papeles sean al menos ligeramente alcalinos (pH mínimo 7,4), por lo que, independientemente de la adecuación a otros factores (reserva alcalina y número kappa) debemos esperar, si los resultados son acordes a los datos obtenidos con anterioridad, que tras el envejecimiento de los papeles desacidificados, la resistencia al desgarrar y la pérdida de blancura serán mucho mejores que en el grupo de los papeles sin desacidificar.

Para esta contrastación se envejecieron al menos 10 pliegos de los desacidificados por cada uno de los 53 tipos de papel (más de 530 pliegos), procediéndose de idéntica forma que la descrita para los papeles sin desacidificar (Supra IV, 4.4.): envejecimiento en húmedo a 80°C y 65% H.R., durante 24 días, según ISO 5630/3:1986 "*Paper and board; Accelerated ageing; part 3: Moist heat treatment at 80°C and 65% relative humidity*".

Una vez realizado el envejecimiento acelerado y el acondicionamiento de las muestras (ISO 187:1990 "*Paper and board - Conditioning of samples*") se llevó a cabo la determinación de la **resistencia al desgarró** y del **grado de blancura**, comparando los resultados de las muestras desacidificadas con los de las muestras sin desacidificar, envejecidas y sin envejecer.

- La comparación de las muestras envejecidas **desacidificadas** y **sin desacidificar** (Grupos 2 y 3) indica la influencia de la desacidificación en la **resistencia al desgarró** y en el **cambio de blancura** tras el envejecimiento.

- La comparación de las muestras desacidificadas **envejecidas** con **las muestras sin envejecer** (Grupos 3 y 1) aportará los resultados sobre la **permanencia** de los papeles desacidificados en términos la **resistencia al desgarró** y la **blancura**.

- La comparación de la pérdida de propiedades tras el envejecimiento entre las muestras desacidificadas (Grupo 3-1) y sin desacidificar (Grupo 2-1) indicará, finalmente, la **eficacia** del tratamiento de la desacidificación en la **retención** de la **resistencia al desgarró** y el **grado de blancura**.

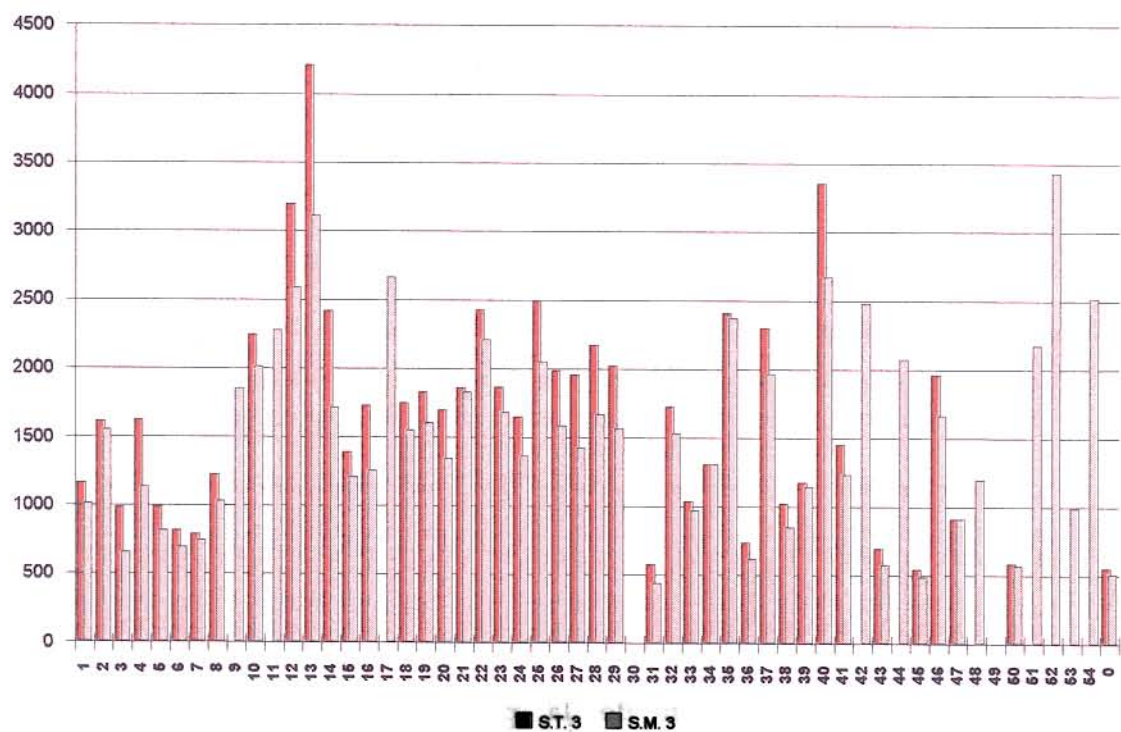


GRAFICO 28 - Resistencia al desgarro tras el envejecimiento en los papeles desacidificados
(S.T 3 = sentido longitudinal; S.M. 3 = sentido de máquina)

4.2.1. La resistencia al desgarro

La determinación de la resistencia al desgarro de los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado se llevó a cabo en idénticas condiciones que en el caso de los papeles sin desacidificar (norma ISO 1974: 1990 "*Paper - Determination of tearing resistance*") (Supra IV, 4.3.1.).

Los resultados, en términos de resistencia al desgarro en mN, en sentido longitudinal y transversal, aparecen en el Gráfico 28.

El cálculo de pérdida o retención de resistencia al desgarro comparando las muestras desacidificadas y sin desacidificar y envejecidas y sin envejecer se ha realizado en términos porcentuales.

Con los datos de resistencia al desgarro en sentido longitudinal de las muestras sin envejecer y envejecidas tras el tratamiento de desacidificación, se halló el "factor de duración de vida en el desgarro" (f_{L-D}) de los papeles desacidificados.

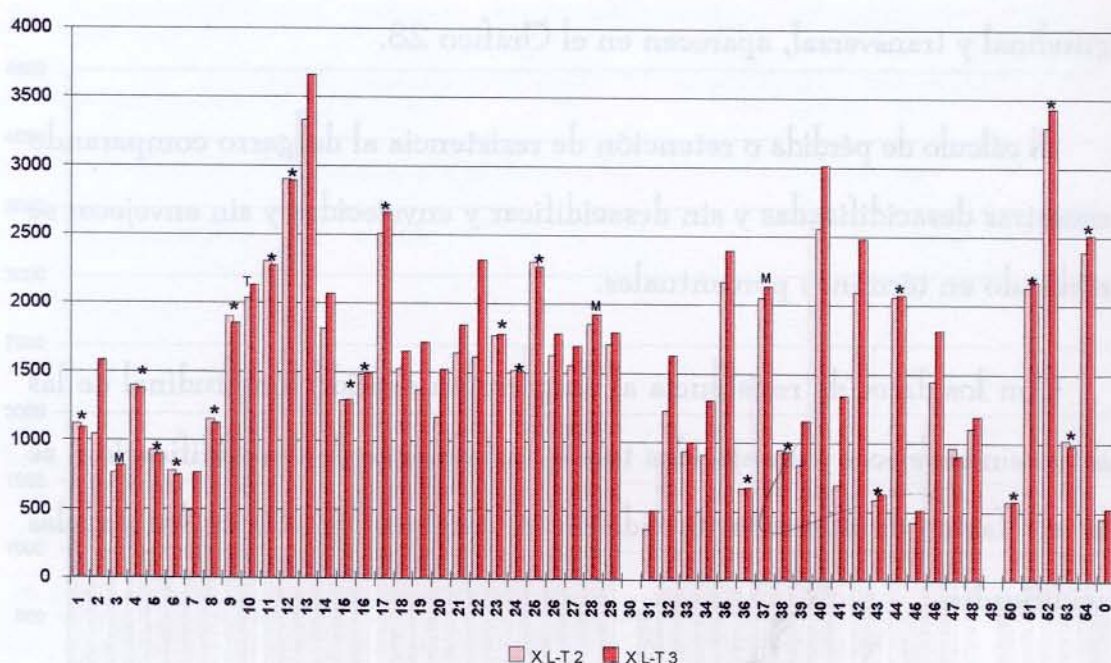


Gráfico 29 - Resultados medios de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento en muestras sin desacidificar (X L-T 2) y desacidificadas (X L-T 3)
 (*) = Diferencias no significativas (T) = idem. sólo en sentido transversal
 (M) = idem. sólo en sentido de máquina (longitudinal).

4.2.1.1. Variación de la resistencia al desgarró tras el envejecimiento entre papeles desacidificados y sin desacidificar

En el Gráfico 29 se muestran los resultados de la resistencia al desgarró en los papeles envejecidos desacidificados y sin desacidificar.

Al comparar los datos, se comprueba que la desacidificación ha logrado, en términos generales, valores mayores de resistencia; se puede apreciar cómo los papeles desacidificados muestran, en conjunto, una mayor resistencia al desgarró que los mismos papeles sin desacidificar.

Para remarcar más claramente la influencia de la desacidificación en el envejecimiento, en el Gráfico 30 se muestran las diferencias específicas en sentido longitudinal y transversal, a modo de porcentaje de variación entre las muestras desacidificadas y no desacidificadas.

El gráfico refleja que las diferencias en algunos casos son mínimas, por lo que es necesario determinar hasta qué punto son irrelevantes. Para calcular si las variaciones son estadísticamente significativas, se ha empleado el método de diferencias significativas mínimas, con un intervalo de confianza del 95%, partiendo de un análisis de varianza llevado a cabo con el programa informático Minitab.

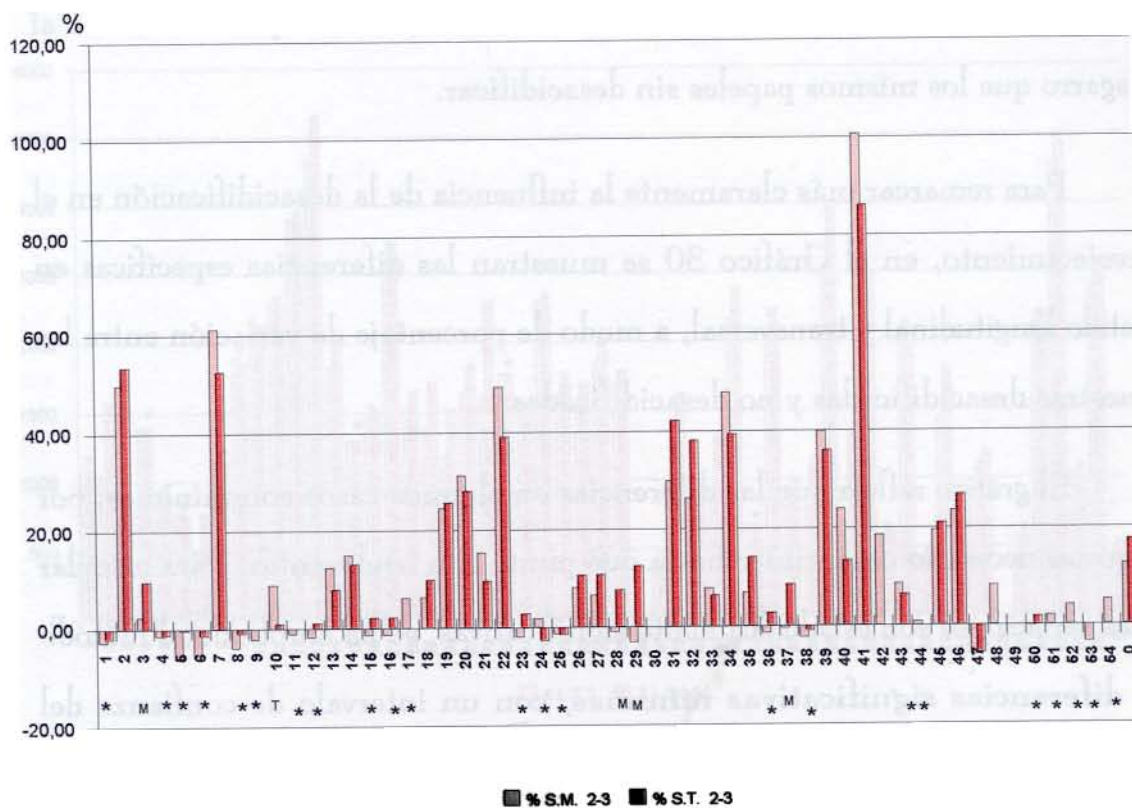


GRAFICO 30 - Porcentaje de variación durante el envejecimiento entre las muestras desacidificadas y sin desacidificar, sentido longitudinal (S.M. 2-3) y transversal (S.T. 2-3)
 (*) = Diferencia no significativa (T = sólo en sentido transversal; M = sólo en sentido de máquina).

En los Gráficos 29 y 30 aparecen marcadas las variaciones que, por escasas o por la gran dispersión de resultados¹, no pueden considerarse como tales. La eficacia de la desacidificación podrá comprobarse cuanto mayor sea el número de diferencias significativas; es decir, cuantos más papeles hayan aumentado su resistencia al desgarró tras el tratamiento.

Los resultados son los siguientes: de los 53 papeles analizados, 30 aumentan significativamente su resistencia al desgarró tras las desacidificación (de ellos 5 lo hacen en un solo sentido, longitudinal o transversal).

Estos datos afirman que el tratamiento de desacidificación, en sí mismo, ha demostrado ser eficaz para aumentar la resistencia al desgarró en el 57% de los papeles.

Analizando más detenidamente los datos, podemos comprobar cómo el 43% restante, en el que la desacidificación ha sido aparentemente irrelevante, está compuesto por papeles no ácidos, y en este grupo se encuentran, por una parte, todos los papeles que habían sido considerados como permanentes según ISO y ANSI/NISO, con excepción del n°13, y, por otra, todos los papeles que desde un principio no habían manifestado ninguna variación tras el envejecimiento.

Sólo un dato discordante, que por lo anecdótico merece la pena ser comentado: el papel n°47 es el único en el que se aprecian resultados desfavorables tras el tratamiento de desacidificación, con una pérdida de

¹ Recordemos cómo en el caso de algunos papeles fabricados a mano, las variaciones entre cada una de las medidas eran tales que impedían la obtención de resultados estadísticamente significativos.

resistencia al desgarró apreciable, aunque mínima (casi 6%). Recordemos como este papel (reciclado-dibujo) tenía una reserva alcalina del 21%, que tras la desacidificación pasó a un 22%; la pérdida de resistencia podría deberse tanto a las posibles variaciones existentes entre un mismo tipo de papel, agrandadas por el hecho de ser reciclado, como por esta elevada "carga de alcalinidad".

Aunque la desacidificación, aparentemente, sólo haya sido eficaz en algo mas de la mitad de los casos, desde otro punto de vista, podemos comprobar cómo ha logrado aumentar la resistencia de todos los papeles originalmente ácidos¹.

Explicadas las casuísticas, se puede afirmar que el tratamiento de desacidificación ha sido eficaz para el 100% de los papeles ácidos, y también para muchos papeles originalmente neutros o alcalinos, que han elevado su pH inicial (más del 80% de aquellos que presentaban pérdidas de resistencia al desgarró tras el envejecimiento).

Como resultaba lógico, la desacidificación no ha podido aumentar la resistencia de los papeles que no presentaban variaciones tras el envejecimiento (resistencia máxima), o que podían ser considerados óptimos desde el punto de vista químico.

¹ Los únicos papeles fabricados a mano que, aunque se encuentran en el límite de la neutralidad, podrían considerarse ácidos (papeles 17 con pH 6,8 y 54 con pH 6,7) también han aumentado su resistencia al desgarró tras la desacidificación. Con todo, estos resultados no son estadísticamente significativos debido a la gran variación existente entre cada una de las medidas, ya que no se puede comprobar ni siquiera la pérdida de resistencia tras el envejecimiento.

4.2.1.2. Influencia de la desacidificación en la retención de la resistencia al desgarro

Hasta el momento hemos podido comprobar como la desacidificación ha resultado eficaz para aumentar la resistencia al desgarro de las muestras analizadas tras el envejecimiento acelerado; con este resultado positivo, debemos contrastar hasta qué punto ha aumentado la retención de la resistencia al desgarro inicial en comparación con los papeles no desacidificados.

Para comprobar en qué grado la desacidificación ayuda a mantener la resistencia inicial de los papeles tras el envejecimiento acelerado, se ha comparado la resistencia inicial de los mismos con la obtenida tras el envejecimiento acelerado de los papeles desacidificados. Los resultados, a modo de resistencia media entre el sentido longitudinal y transversal, aparecen en el gráfico 31.

A simple vista se aprecia que los resultados son buenos, ya que no existen excesivas variaciones entre la resistencia de las muestras no envejecidas y la de las muestras envejecidas desacidificadas, es como si la desacidificación atenuase las consecuencias del paso del tiempo respecto a la resistencia mecánica.

En el gráfico 32 se reflejan los resultados del cálculo del porcentaje de retención de la resistencia al desgarro en los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado, que también aparecen en la Tabla Comparativa B.

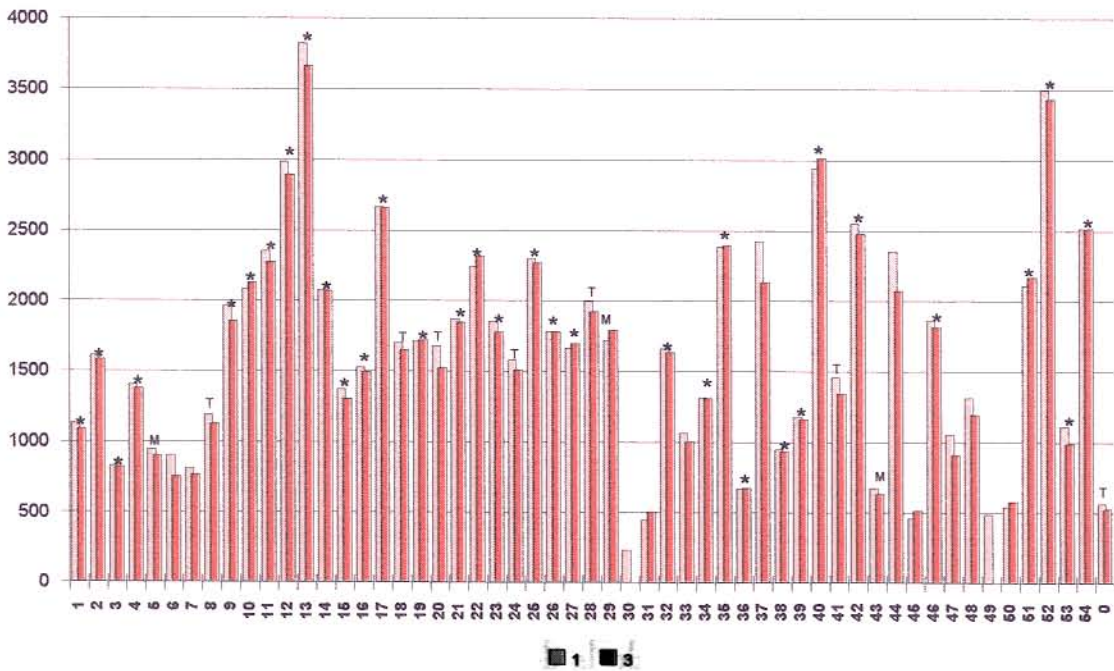


GRAFICO 31 - Resistencia media de papeles no envejecidos (1) y envejecidos desacidificados (3). (*) Diferencia no significativa

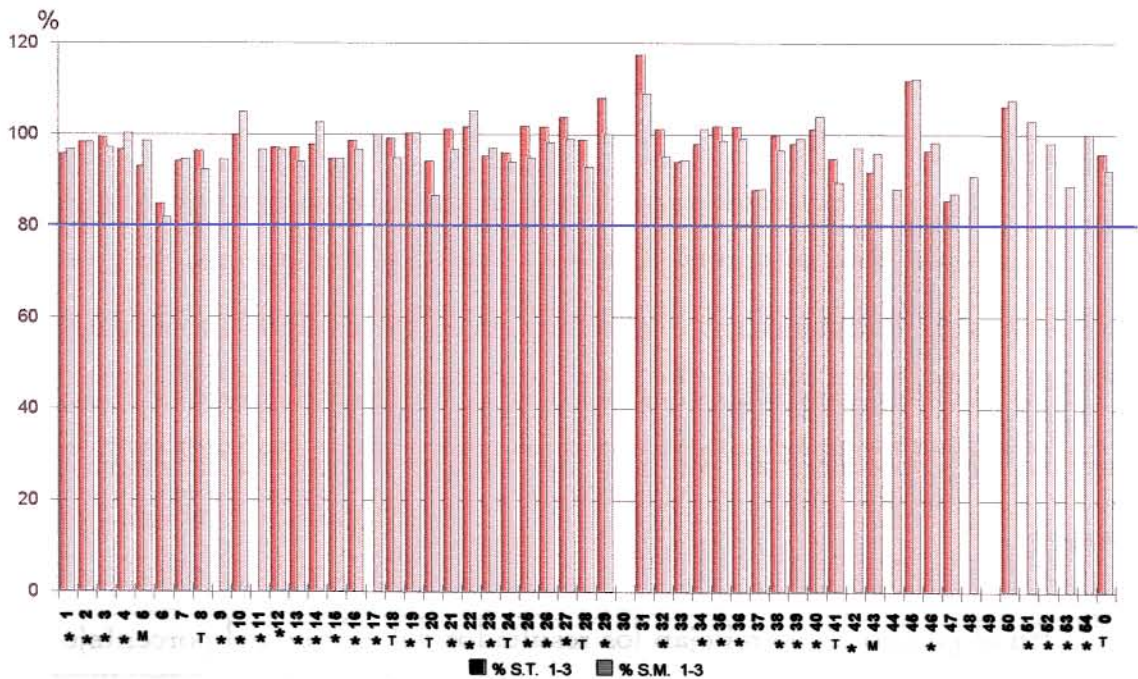


GRAFICO 32 - Porcentaje de retención de la resistencia al desgarro en sentido longitudinal (S.M. 1-3) y transversal (S.T. 1-3) tras el envejecimiento de los papeles desacidificados . (*) Diferencia no significativa

Como podemos ver, todos los papeles desacidificados mantienen al menos el 80% de la resistencia inicial, cifra considerada como deseable por ISO 9706, y en la mayoría de los casos se encuentran en límites muy cercanos al 100%.

Comparando estos resultados con los de los mismos papeles no desacidificados (Gráfico 33), podemos apreciar el aumento de permanencia en términos de resistencia al desgarró, ya que, frente al 100% de los papeles desacidificados, sólo un 80% de los papeles sin desacidificar llegaba a superar el límite de adecuación.

Otra manera de apreciar, en términos generales, la eficacia de la desacidificación, es comparando el número de papeles que no ha experimentado variación tras el envejecimiento acelerado, es decir, aquellos que en principio han retenido el 100% de su resistencia inicial.

Mediante el método de **diferencias significativas mínimas**, tras el análisis de varianza llevado a cabo con el programa informático Minitab, se han determinado, con un nivel de confianza del 95%, las variaciones que, por escasas, no deben ser consideradas como tales.

En los Gráficos 31 y 32 aparecen señalados aquellos papeles que estadísticamente no han manifestado variación suficiente durante la prueba de envejecimiento; estos mismos resultados quedan reflejados en la Tabla Comparativa B, donde se han sombreado de azul sus casillas.

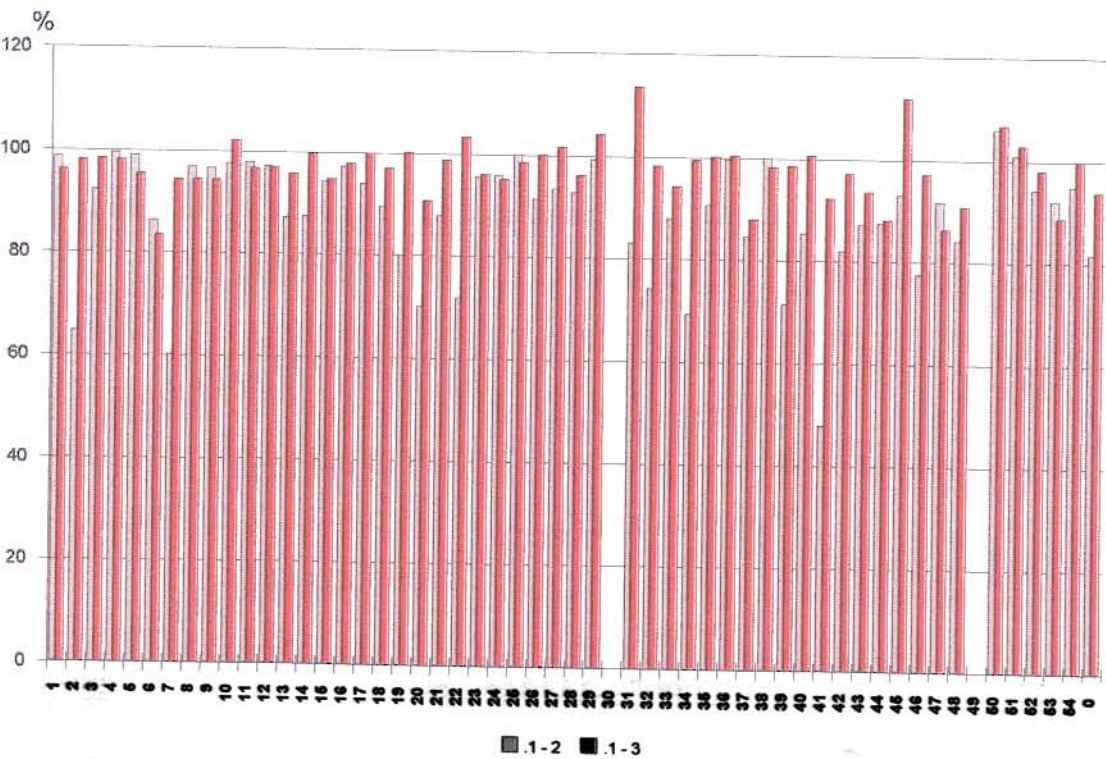


GRAFICO 33 - Comparación de retención de resistencia al desgarrar tras el envejecimiento entre los papeles desacidificados (1-3) y sin desacidificar (1-2)

Según este análisis, 33 tipos de papel, tras el envejecimiento acelerado, han mantenido sus características iniciales en ambas direcciones lo suficientemente como para que sus diferencias no deban ser consideradas, 9 lo han logrado en uno sólo de los sentidos, y 4 incluso han aumentado su resistencia. Comparando estos resultados con los obtenidos en los mismos papeles sin desacidificar, podemos ver cómo se ha duplicado el número de papeles que no presentan pérdida de resistencia tras el envejecimiento (incluyendo diferencias no significativas y aumentos de resistencia), pasando del 34% en los papeles sin desacidificar, al 69,5% en los papeles desacidificados; incluyendo las muestras donde esto ha ocurrido sólo en una dirección de fibras, el grupo pasa del 45% al 87%.

Así vemos cómo la desacidificación ha conseguido que muchas muestras mantengan su resistencia inicial tras el envejecimiento (Gráfico 34).

Un efecto poco común aparece en los papeles 29, 31, 45 y 50, en los que las muestras envejecidas desacidificadas logran aumentar la resistencia al desgarrar hasta el punto de superar en cerca de un 15% el de las muestras sin envejecer.

En el caso del papel nº 50, ya había ocurrido el mismo efecto tras el envejecimiento de las muestras sin desacidificar, que obtuvieron los mismos resultados que con la desacidificación, por lo que podríamos decir que en este papel el envejecimiento ha aumentado la resistencia¹.

¹ Este efecto se ha debido al aumento de la rigidez de las fibras (Smook, 1990, 81).

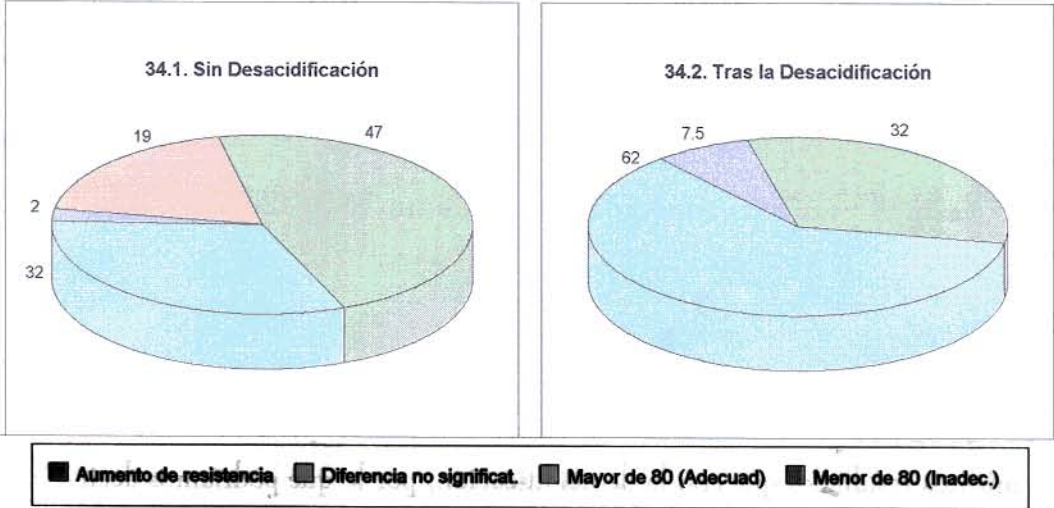


GRAFICO 34 - Retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado.

Los papeles 31 y 45 tienen en común el ser papeles transparentes para dibujo técnico; es muy probable que la deshidratación de fibras inherentes a los procesos que logran su aspecto final influya en su escasa resistencia al desgarró, y que ésta se haya subsanado con la desacidificación al sumergir los papeles en una disolución acuosa.

En el caso del papel 29, el aumento ha aparecido solamente en sentido longitudinal y de forma no excesiva (7,5%). Este resultado puede deberse al margen de error experimental, explicable probablemente por diferencias de resistencia entre distintas zonas del papel o por papeles de diferente bobina

Como conclusión final respecto a la resistencia mecánica, podemos decir que la desacidificación es un tratamiento capaz de aumentar significativamente la retención de la resistencia al desgarró tras el envejecimiento acelerado, hasta el punto de hacer que las pérdidas de resistencia sean nulas o se encuentren dentro de los límites óptimos.

Comparando los resultados de las muestras desacidificadas y sin desacidificar tras el envejecimiento, se constata el mejor comportamiento de las primeras, de manera que podemos afirmar que la desacidificación aumenta la permanencia referida a la retención de resistencia al desgarró tras el envejecimiento acelerado.

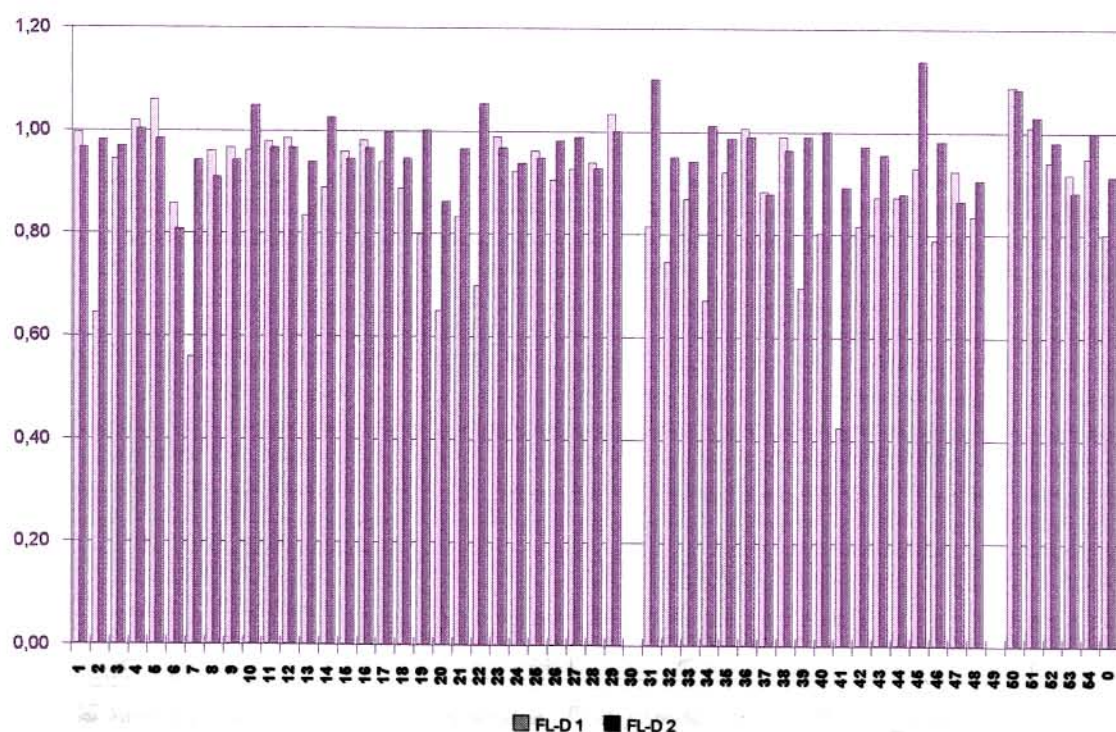


GRAFICO 35 - Factor de duración de vida en el desgarró en las muestras sin desacidificar (f_L-D_1) y desacidificadas (f_L-D_2)

4.2.1.3. Comparación $f_1 D 1$ y $f_1 D 2$

Una última cuestión respecto a la eficacia de la desacidificación respecto a la resistencia al desgarrar: comprobar cómo habrá hecho variar la "esperanza de vida", según adecuación de la norma DIN 6738.

Recordemos cómo habíamos adaptado esta norma a los análisis por nosotros efectuados, de manera que se había podido obtener un "factor de duración de vida en el desgarrar ($f_1 D$)", con el que se pretendía dar unas orientaciones sobre la esperanza de vida de los papeles analizados.

Al calcularse el $f_1 D$ a partir de las diferencias de resistencia al desgarrar en sentido longitudinal respecto a las muestras envejecidas y sin envejecer, es lógico que la desacidificación haya afectado a los resultados, desde el momento que supone una variación entre dichas diferencias.

Así, se ha calculado el "factor de duración de vida en el desgarrar" de las muestras desacidificadas, para compararlo con el de las muestras sin desacidificar y establecer hasta qué punto se han afectado las predicciones de permanencia.

El cálculo del $f_1 D$ de las muestras desacidificadas se ha hecho de igual manera que en el caso de las muestras sin desacidificar (Supra IV, 4.4.2.). Los resultados de ambos grupos aparecen en el Gráfico 35 y en la Tabla Comparativa B.

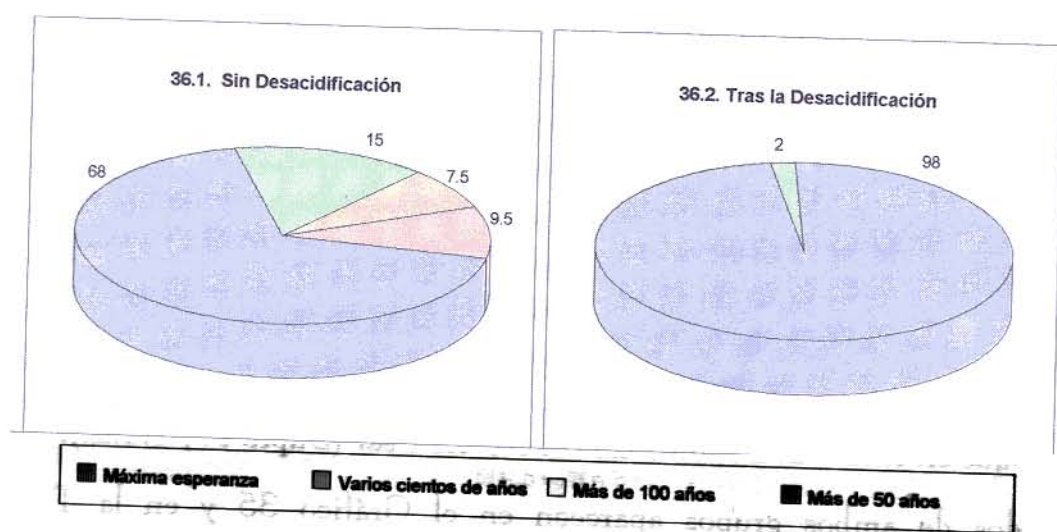


GRAFICO 36 - Factor de duración de vida en el desfarro (f_L -D)

Comparando los datos obtenidos entre los papeles desacidificados y sin desacidificar apreciamos un gran aumento del f_L -D en los primeros; mientras que todos los papeles, excepto uno de f_L -D 0,81, alcanzan un f_L -D superior a 0,85 (98% con posibilidad de esperanza de vida máxima), en las muestras sin desacidificar sólo conseguían este rango el 68%, pues el 15% quedaban con un f_L -D mayor de 0,80 (posibilidad de varios cientos de años de vida), 7,5% con f_L -D mayor de 0,70 (posibilidad de permanencia mínima de 100 años) y 9,5% con f_L -D mayor de 0,40 (posibilidad de esperanza mínima de 50 años).

Se ha variado desde 68% a un 98% de papeles que pueden alcanzar una esperanza de vida máxima gracias al tratamiento de desacidificación. Esto nos permite aseverar que, bajo el concepto de permanencia de la norma alemana DIN 6738, la desacidificación es capaz de aumentar en gran medida la esperanza de vida de los papeles.

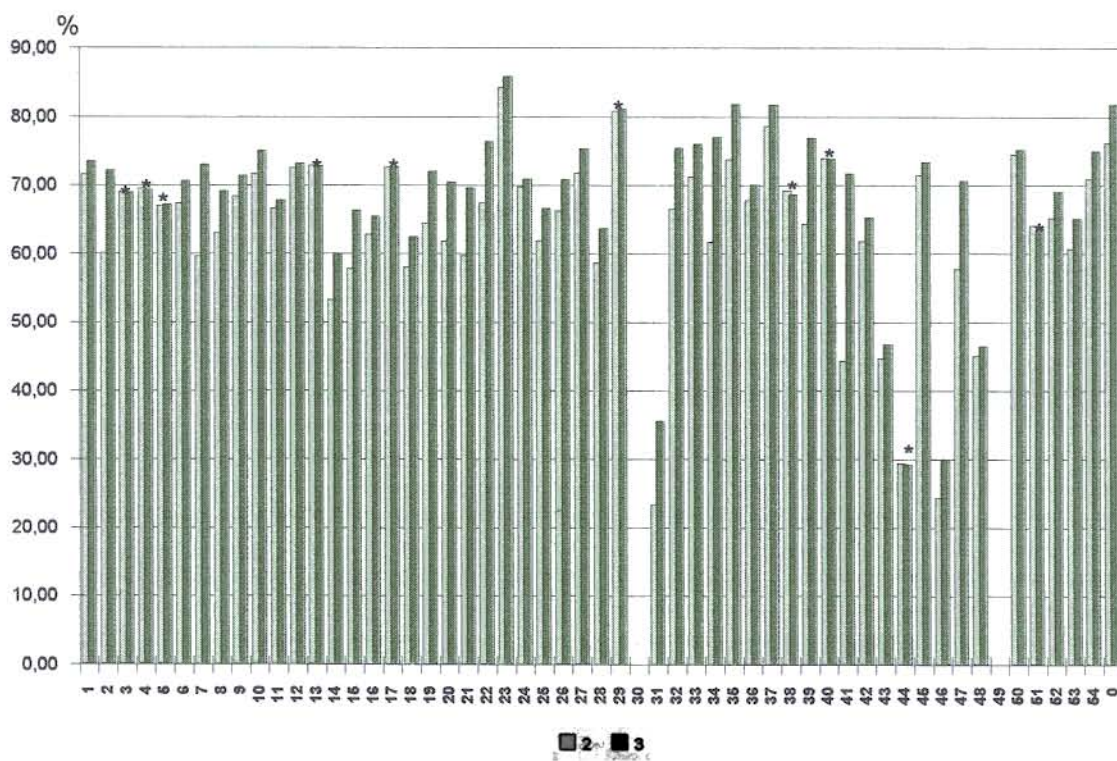


GRAFICO 37 - Grado de blancura en papeles envejecidos sin desacidificar (2) y desacidificados (3). (*)=Diferencias no significativas.

4.2.2. El grado de blancura

La determinación del grado de blancura de los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado se llevó a cabo, como en el caso de los papeles sin desacidificar, siguiendo la norma UNE 57-062-72 "Papel y cartón. Determinación del factor de reflectancia en el azul. (Grado de blancura UNE)".

Los resultados de pérdida de blancura expresados a modo de reversión, es decir, calculados como diferencias, aparecen en la Tabla Comparativa B.

4.2.2.1. Variación del grado de blancura tras el envejecimiento entre papeles desacidificados y sin desacidificar

En el Gráfico 37 aparecen los resultados de la determinación de la blancura de los papeles desacidificados envejecidos, junto con los anteriores resultados de los papeles envejecidos sin desacidificar. Comparando ambos datos, podemos apreciar cómo la desacidificación ha influido positivamente en la blancura de los papeles: prácticamente la mayoría de las muestras desacidificadas tienen tonos más claros que en el caso de las muestras sin desacidificar.

Para apreciar más claramente la influencia de la desacidificación en cada tipo de papel, en el Gráfico 38 aparecen las diferencias de blancura entre los papeles desacidificados y sin desacidificar después del envejecimiento.

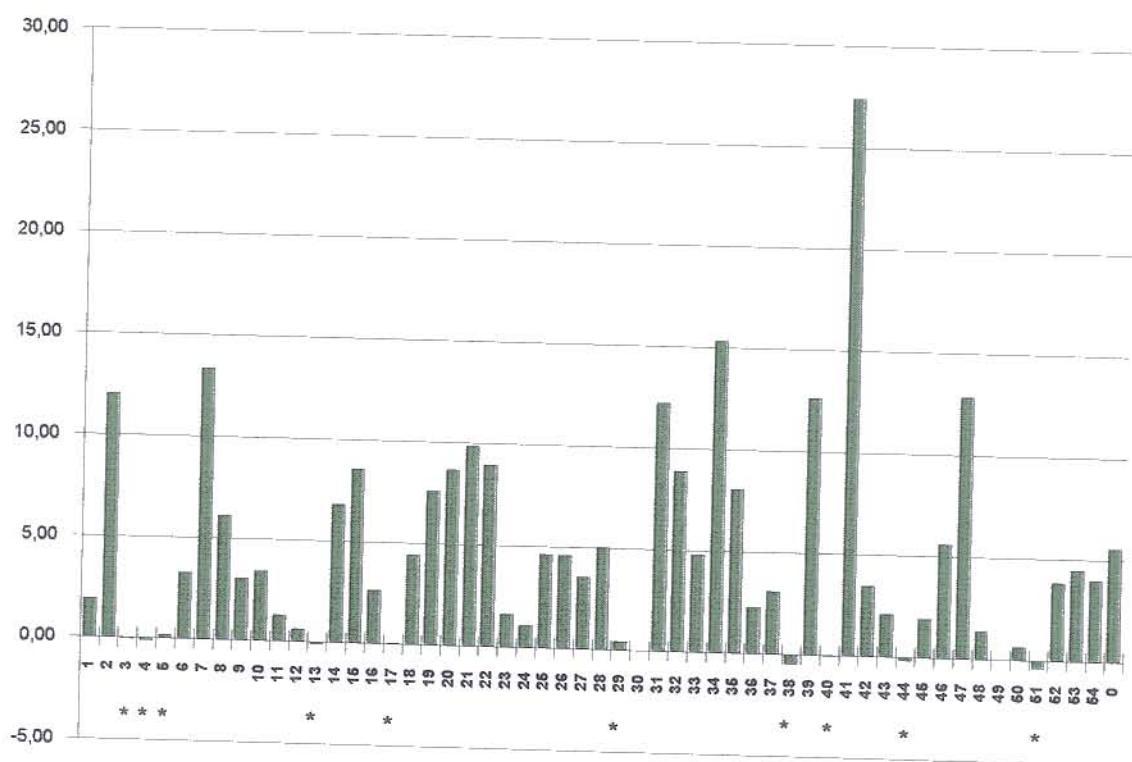


GRAFICO 38 - Diferencias de blancura tras el envejecimiento entre los papeles desacidificados y sin desacidificar (*)= Diferencias no significativas.

En algunos casos, las diferencias son mínimas, por lo que se ha realizado un análisis de varianza para determinar si las variaciones entre la blancura de las muestras desacidificadas y sin desacidificar son estadísticamente significativas¹. En los Gráfico 37 y 38 aparecen marcadas las reversiones que, por ser tan escasas, no pueden ser consideradas como tales desde un punto de vista estadístico.

Analizando estos datos, podemos decir, con una probabilidad mínima del 95%, que 43 de las 53 muestras analizadas han alcanzado niveles de blancura superiores después del tratamiento de desacidificación. En las 10 muestras restantes no se han apreciado variaciones suficientes. Así, el tratamiento de desacidificación ha resultado eficaz en 81% de los casos.

Las muestras que no han sufrido variaciones aparentes en el grado de blancura (muestras 3, 4, 5, 13, 17, 29, 38, 40, 44 y 51) son papeles originalmente no ácidos, que no experimentaron un aumento de pH muy elevado tras el tratamiento de desacidificación.

El tratamiento de desacidificación ha supuesto un aumento de blancura tras el envejecimiento acelerado en húmedo para todos los papeles inicialmente ácidos, y para muchos de los que originalmente eran neutros o alcalinos. La máxima diferencia alcanzada ha sido muy elevada: 27,5 puntos (62%) en el caso del papel n° 41 (pH inicial 4,6 / pH desacidificado 8,7).

¹ El análisis de varianza se ha llevado a cabo con el programa informático Minitab. Para establecer la diferencia entre los papeles tratados y sin tratar se ha empleado el método de diferencias significativas mínimas, con un intervalo de confianza de 95%.

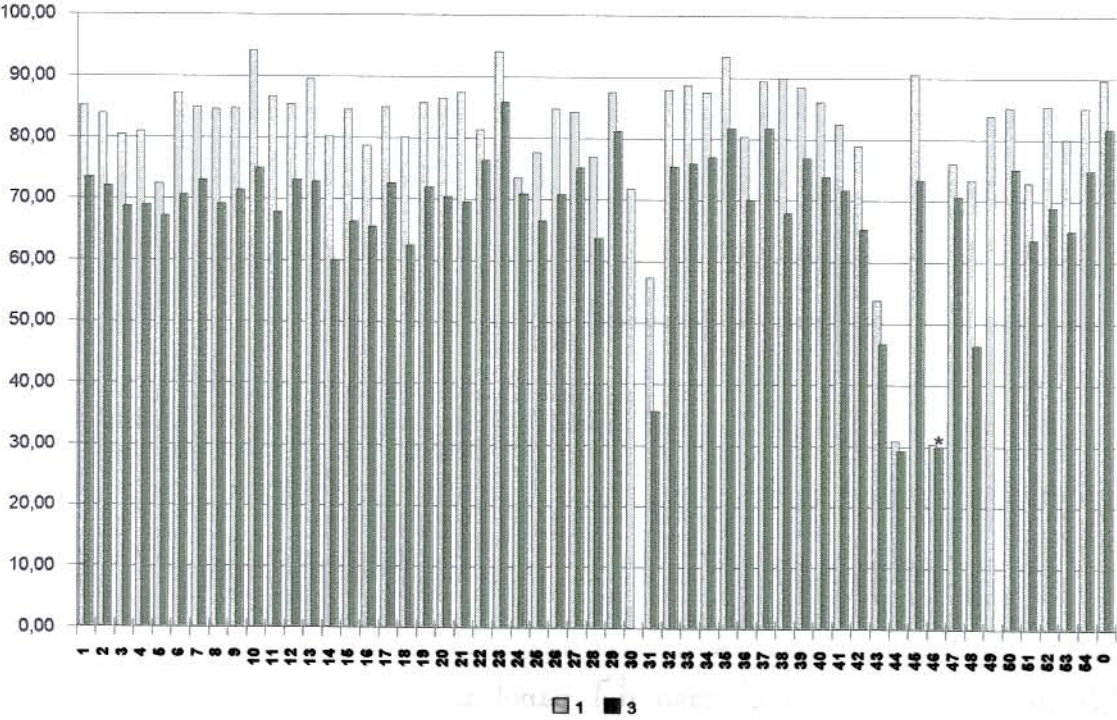


GRAFICO 39 - Diferencias entre la blancura inicial (1) y la de las muestras envejecidas tras la desacidificación (3). (*) Diferencias no significativas

Como dato curioso, hay que señalar el aumento de blancura en 13 puntos (22%) en el papel n° 47, el único que, dada su elevada reserva alcalina (21%), había disminuido su grado de alcalinidad tras el tratamiento de desacidificación.

4.2.2.2. Influencia de la desacidificación en la resistencia al amarilleamiento (reversión de la blancura). Comparación de reversiones de blancura

El tratamiento de desacidificación ha sido eficaz al aumentar el grado de blancura durante el envejecimiento, comparando las muestras desacidificadas y sin desacidificar. La siguiente pregunta es hasta qué punto esto ha afectado a los resultados generales de reversión del color. Es decir, si la desacidificación ha sido capaz de disminuir el amarilleamiento de los papeles durante el envejecimiento. Para tal afirmación debemos comparar los datos de las muestras envejecidas con las muestras sin envejecer.

Los datos obtenidos hasta ahora parecen indicar que la desacidificación realmente está influyendo en el mantenimiento del tono original de los papeles durante el envejecimiento acelerado, ya que disminuye el oscurecimiento apreciado durante el envejecimiento en los papeles sin desacidificar.

Para determinar hasta qué punto la desacidificación es capaz de mantener la blancura inicial de los papeles tras el envejecimiento acelerado, se ha comparado el grado de blancura de los papeles desacidificados envejecidos, con el grado de blancura inicial de las muestras. Los resultados aparecen en el Gráfico 39.

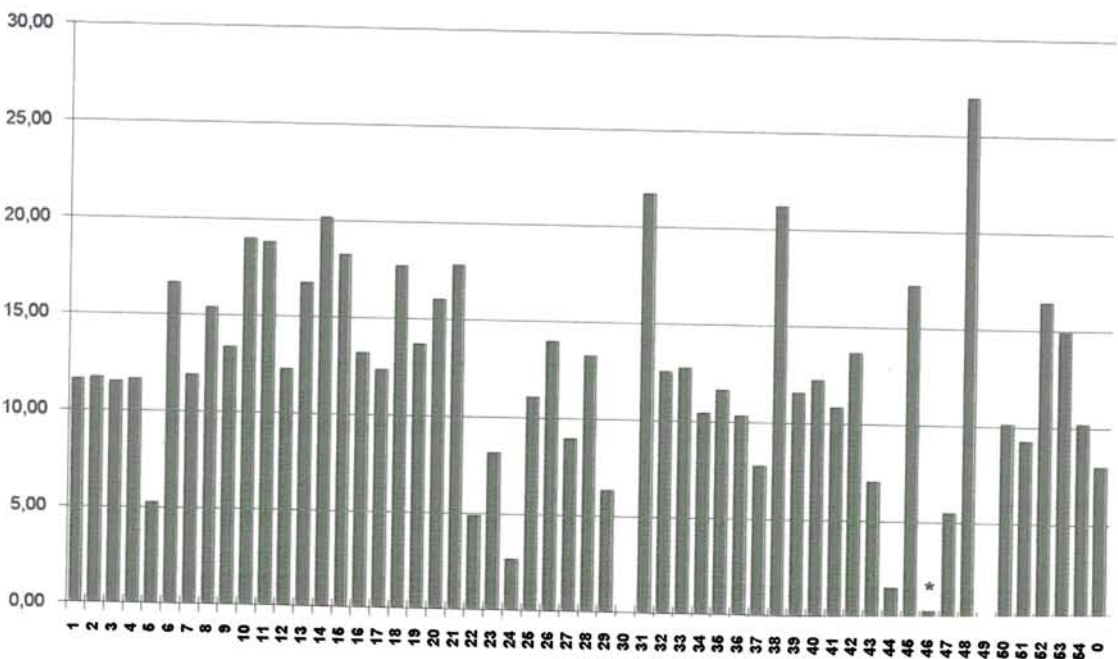


GRAFICO 40 - Reversión de blancura de los papeles desacidificados
(*) = Diferencia no significativa

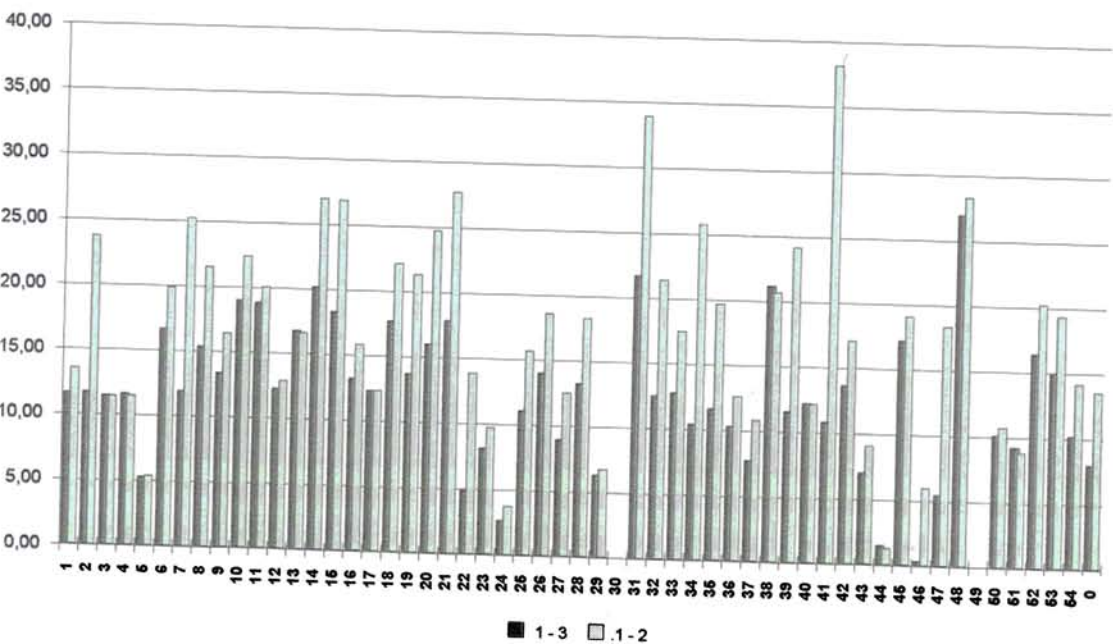


GRAFICO 41 - Relación entre la reversión de blancura de los papeles desacidificados (1-3) y sin desacidificar (1-2)

Los datos de reversión de la blancura de los papeles desacidificados (diferencia de blancura entre los papeles envejecidos y sin envejecer) aparecen en el gráfico 40. Al igual que con el resto de los resultados, se ha llevado a cabo un análisis de varianza y se ha determinado, mediante el método de diferencias significativas mínimas, si los resultados comparativos entre ambas muestras pueden ser considerados como diferentes. Excepto en el papel n° 46, se aprecia, con una probabilidad mínima del 95%, que todos los papeles han sufrido un amarilleamiento, en mayor o menor grado, tras el envejecimiento acelerado.

Según podemos apreciar, la desacidificación por sí misma no ha implicado el total mantenimiento de las propiedades ópticas del papel, ya que sólo en un caso (n° 46: papel kraft) éstas se han manifestado inalterables.

A pesar de ello, comparando los resultados de reversión del color de los papeles desacidificados y sin desacidificar, se constata la eficacia de la desacidificación para disminuir el grado de amarilleamiento de las muestras durante el envejecimiento. Como se refleja en el Gráfico 41, los resultados de los papeles desacidificados son mucho mejores que los de los papeles sin desacidificar (la reversión, o diferencia entre la blancura inicial y final, es menor).

Así, en los papeles sin desacidificar se puede apreciar, como ejemplo de máxima eficacia, el papel 41, que pasa de una reversión de más de 38 puntos a una de casi 11.

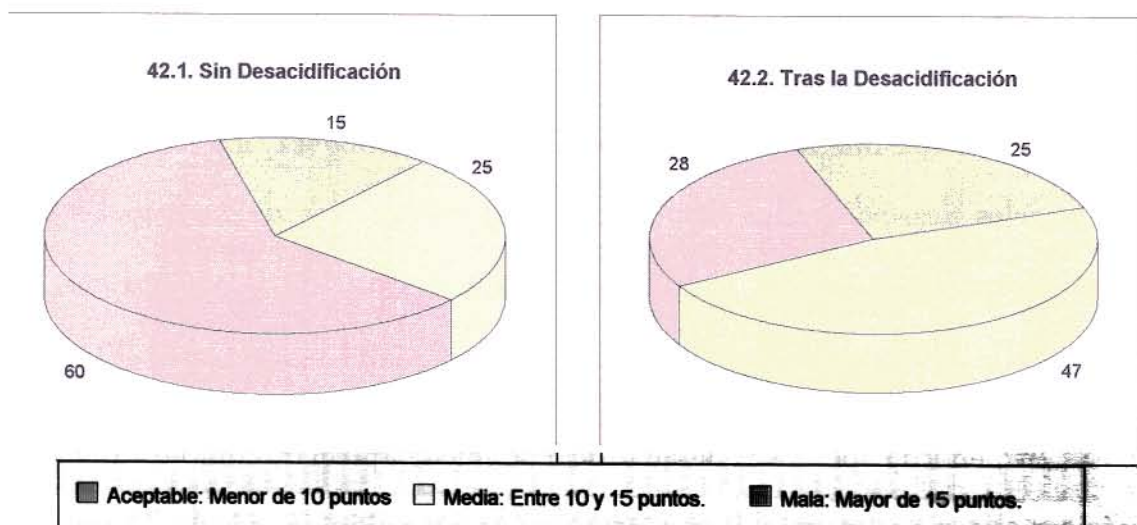


GRAFICO 42 - Reversión de blancura tras el envejecimiento

En términos generales, podemos ver cómo mediante el tratamiento de la desacidificación se ha conseguido que sólo 15 muestras (28%) tengan una reversión mayor de 15 puntos (amarilleamiento muy perceptible), frente a las 32 (60%) que obtenía esta puntuación antes de ser desacidificadas. A su vez, 13 tipos de papel (25%) tienen una reversión menor de 10 puntos (amarilleamiento poco perceptible) mientras antes del tratamiento sólo conseguían este rango 8 muestras (15%).

Esta mejora, en términos absolutos, se aprecia claramente en el gráfico 43. Comparados los resultados de blancura obtenidos entre las muestras envejecidas, desacidificadas y sin desacidificar, antes y después del envejecimiento acelerado, podemos concluir que el tratamiento de desacidificación disminuye significativamente el amarilleamiento de los papeles.

Aunque en algunos papeles de pH neutro pueda no apreciarse mejora, en términos generales se puede afirmar que la desacidificación aumenta la permanencia referida al mantenimiento de las propiedades ópticas, y esto ocurre tanto en papeles inicialmente permanentes como en los que no lo son.

GRAFICO 43 - Grado de blancura inicial (1) comparada con el grado de blancura tras el envejecimiento en los papeles sin desacidificar (2) y desacidificados (3)

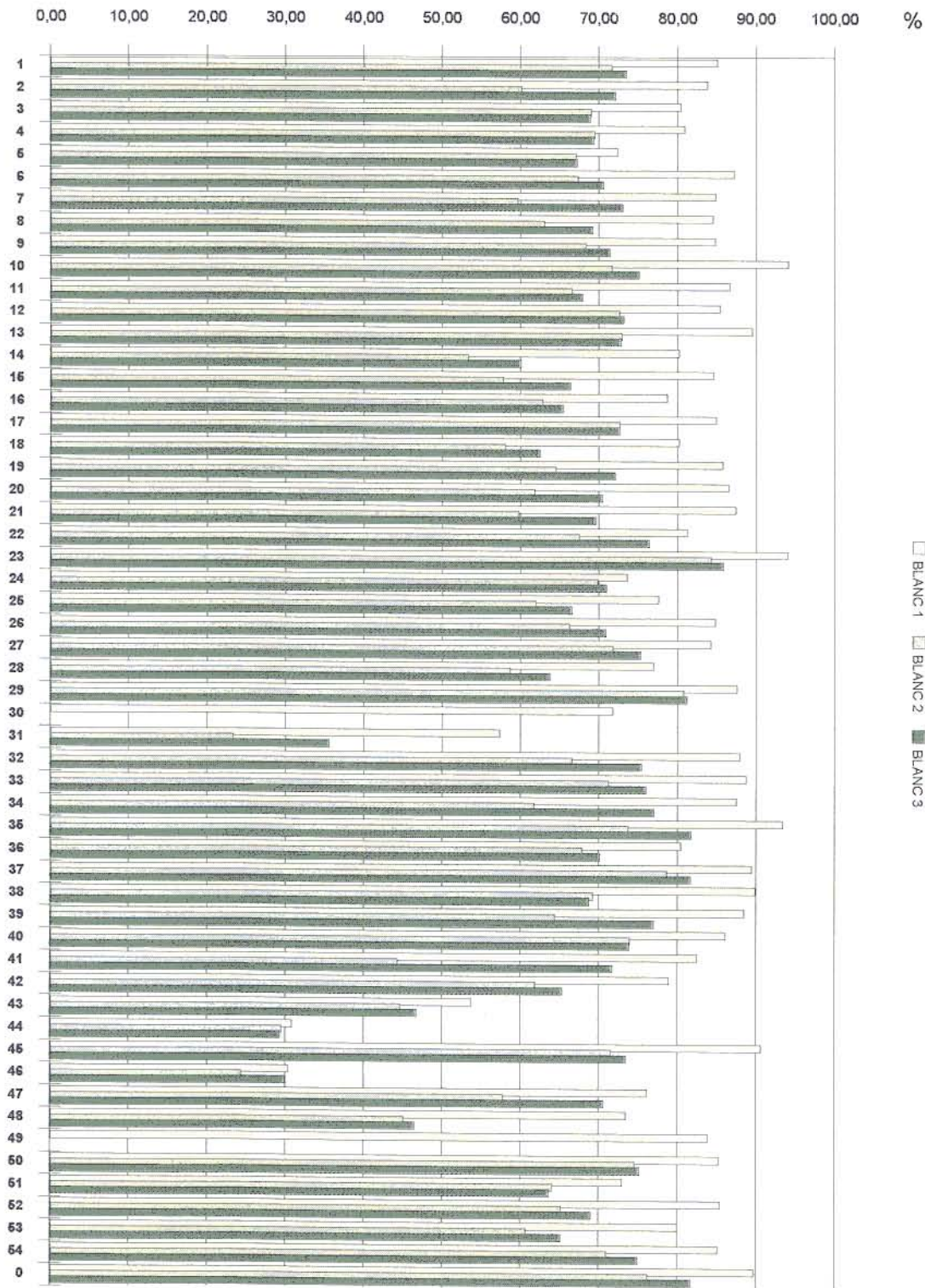
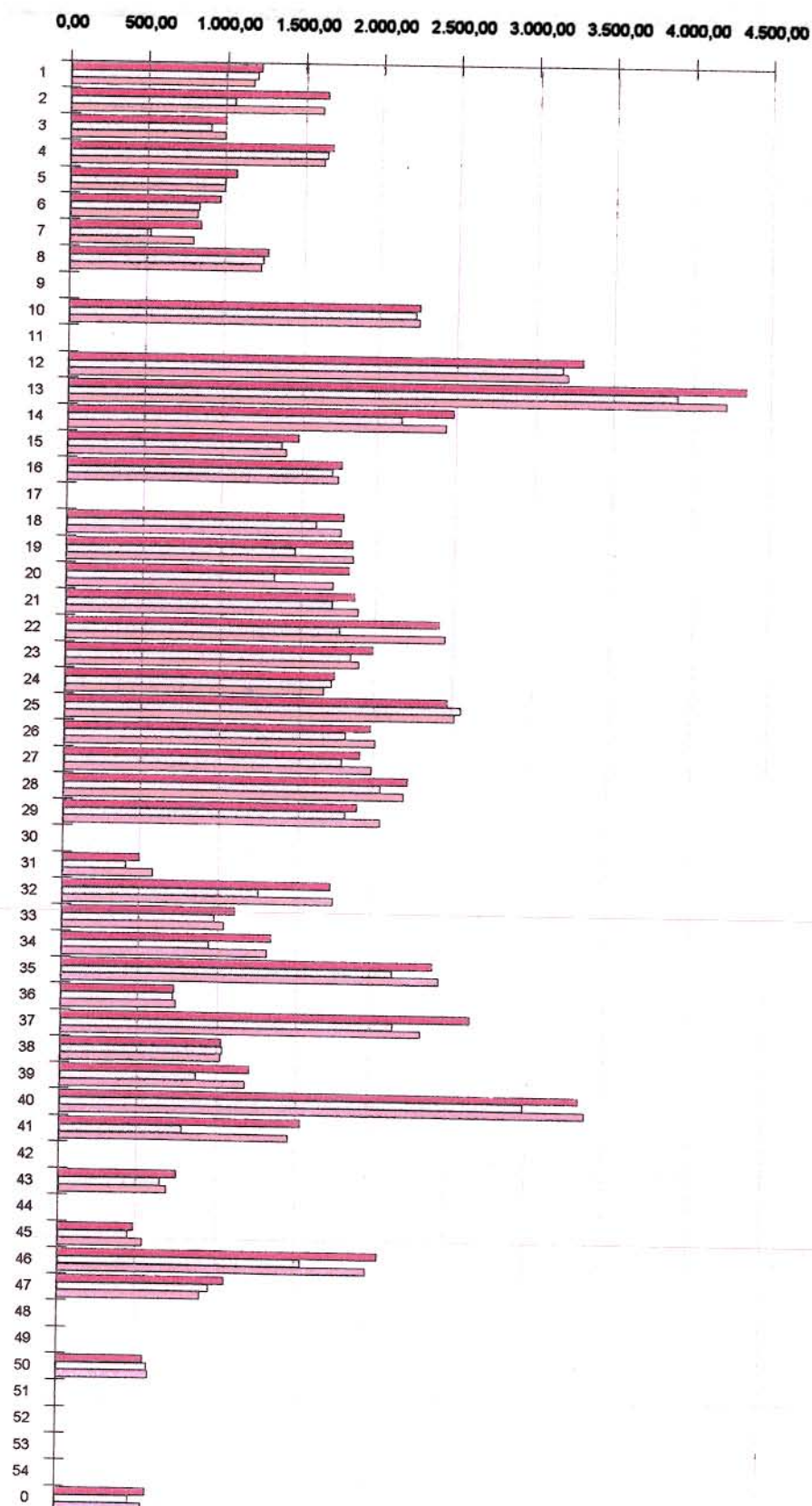


GRAFICO 44 - Resistencia al desgarro inicial (1) comparada con la resistencia tras el envejecimiento en los papeles sin desacidificar (2) y desacidificados (3)



5. ADECUACION DE LAS HIPOTESIS. CONCLUSIONES

Respecto a la eficacia de la desacidificación, hemos podido comprobar que es un tratamiento efectivo capaz de prolongar la vida de las futuras obras de arte. Así:

1) La acidez de las muestras desacidificadas es menor que la de las mismas muestras sin desacidificar, sobre todo en el caso de aquellas consideradas inicialmente como no alcalinas:

- La desacidificación disminuye la acidez de los papeles.

2) La reserva alcalina de las muestras desacidificadas es mayor que la de las muestras sin desacidificar, sobre todo en el caso de las consideradas con reserva insuficiente:

- La desacidificación aumenta la reserva alcalina.

3) La retención de las propiedades de resistencia al desgarrado tras el envejecimiento acelerado es mayor en el caso de las muestras desacidificadas, sobre todo si éstas no cumplían inicialmente los requisitos de acidez y reserva alcalina:

- La desacidificación aumenta la retención de la resistencia durante el envejecimiento.

4) El "factor de duración de vida" estimado según adaptación de DIN, es mayor en las muestras desacidificadas, sobre todo en el caso de que

éstas incumplieran inicialmente los requisitos de acidez y reserva alcalina según ISO y ANSI/NISO:

- La desacidificación aumenta la esperanza de vida de los papeles.

5) La pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado es menor en las muestras desacidificadas, sobre todo en el caso de que éstas incumplieran los requisitos iniciales de acidez y reserva alcalina:

- La desacidificación disminuye la pérdida de blancura durante el envejecimiento.

6) La desacidificación, al corregir los efectos de la acidez, aumenta la permanencia de los papeles, ya que el descenso de acidez y aumento de reserva alcalina repercute positivamente en la permanencia de las muestras ocasionando los siguientes efectos:

a) Pueden ser consideradas como permanentes, según ISO y ANSI/NISO, algunas de las muestras que inicialmente no lo eran por incumplir los requisitos de acidez y/o reserva alcalina.

b) Retienen al menos el 80% de la resistencia al desgarrado inicial todas las muestras que anteriormente no alcanzaban dicho límite.

c) Casi todas las muestras alcanzan un "factor de duración de vida al desgarrado" mínimo de 0,85 (esperanza de vida máxima).

d) Alguna de las muestras con acidez inicial óptima, y todas las muestras que incumplían los requisitos de acidez según ISO y/o ANSI/NISO disminuyen su grado de amarilleamiento.

En conclusión, la propuesta de desacidificación ha sido acertada; la eficacia de este tratamiento se ha demostrado al transformar en permanentes, desde el punto de vista de las normas ISO 9706, ANSI/NISO Z39.48, adaptación de DIN 6738 y resistencia al desgarró tras el envejecimiento, muchos papeles que anteriormente no reunían los requisitos establecidos. Además también ha resultado muy eficaz en la disminución del amarilleamiento producido durante el envejecimiento acelerado en húmedo.

Consecuentemente, tras la constatación científica de las conclusiones, recomendamos el tratamiento de desacidificación como método para aumentar la permanencia de los papeles empleados en las obras de arte, sobre todo en el caso de demostrada acidez.

CONCLUSIONES



Lámina IX

Un artista es muy libre de elegir el soporte que mejor satisfaga su creatividad, incluso aunque pueda ser causa de la degradación de la obra. La corta vida es, precisamente, uno de los atributos del denominado arte efímero. Medios indirectos, como fotografías u otro tipo de reproducción, serán los futuros testimonios de la existencia de esta corriente artística. Pero si muchos artistas modernos se suman y abogan por esta tendencia, son bastantes más los autores preocupados por la permanencia futura de su obra¹; preocupación compartida por los propietarios de tales bienes.

Independientemente de esta preocupación inicial, si una manifestación artística alcanza el rango de Bien Cultural, conservadores y técnicos tendrán que desplegar todos sus esfuerzos para que la representación material perdure.

El papel, propio de técnicas artísticas tales como estampaciones y dibujos, es un soporte que puede tener muy buena permanencia, o adolecer completamente de ella, según los componentes de fabricación. Aunque los papeles modernos tengan, en términos generales, una esperanza de vida menor

¹ Este hecho parece estar constatado por las encuestas realizadas a artistas contemporáneos por el Grupo de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo (Aransay y Pardo, 1990; Abalia et al, 1991 y Ruiz de Arcaute, 1991)

que los fabricados con anterioridad al siglo XIX, la técnica actual permite la elaboración de soportes mucho más permanentes.

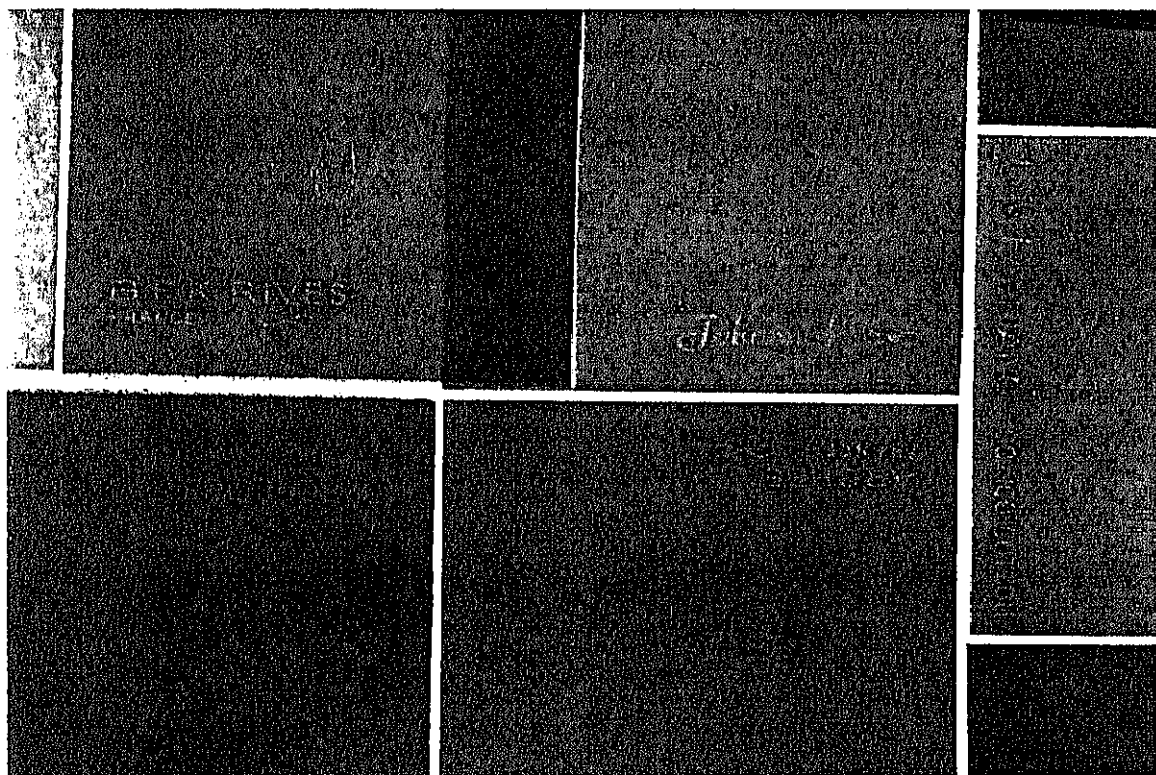
La preocupación por la "perdurabilidad de la obra" en bastantes sectores ha sido el motor de la aparición en el mercado de soportes con diferentes denominaciones (papel libre de ácido, papel con encolado neutro, papeles con alta calidad de conservación, papel con reserva alcalina, etc.) que pretenden ofrecer una alternativa ante la "decadencia del papel", pero que en ocasiones, y por intereses comerciales o desconocimiento, más que ayudar pueden confundir al artista, que no sabe qué soporte será aquel que permita la pervivencia de su obra.

Esta Tesis ha pretendido "romper una lanza" contra la pasividad sobre el futuro de los materiales utilizados actualmente en las obras de arte y, aunque se ocupa sólo de la estabilidad del papel como soporte, se inscribe dentro de las tendencias conservadoras en su vertiente preventiva: adelantarse a la degradación causada por el tiempo. Dicho de otro modo, sus objetivos se han centrado en comprobar qué propiedades físicas y químicas tienen los papeles que el comercio ofrece a los artistas, calcular su estabilidad ante el transcurso del tiempo y aportar, inclusive, soluciones para paliar la inestabilidad detectada.

Para abordar estos objetivos ha sido necesario establecer una metodología de trabajo que permitiera la evaluación de la permanencia de los papeles de uso artístico. La inexistencia de unas directrices al respecto ha hecho que una parte de la investigación haya ido dirigida a la búsqueda de este método.

Estas razones, dados los objetivos de esta Tesis, obligan a abordar las conclusiones de nuestra investigación desde tres ámbitos complementarios:

- 1º: Conclusiones relativas al método experimental adecuado para la evaluación de la permanencia de papeles de uso artístico.
- 2º: Conclusiones relativas a la permanencia de los papeles analizados.
- 3º: Conclusiones relativas al método propuesto para aumentar la permanencia de los papeles de uso artístico.



Fi. 73 - Papeles de la muestra con filigranas relativas a su calidad (Fot. iluminación transmitida)
(el símbolo ∞ no implica adecuación a las normas ISO-ANSI/NISO, para ésto debe estar encerrado en un círculo)

1. CONCLUSIONES SOBRE LOS CRITERIOS Y EL METODO EXPERIMENTAL ADECUADO PARA EVALUAR LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES DE USO ARTISTICO

El análisis de la información bibliográfica ha enfatizado el interés por el problema de la permanencia del papel, pero aunque son muchos los estudios que han derivado en propuestas para fomentar su buen comportamiento a lo largo del tiempo, la práctica mayoría de la investigación se ha centrado exclusivamente en el campo de la documentación gráfica (archivos y bibliotecas). Es cierto que las conclusiones alcanzadas son extrapolables a los papeles de uso artístico, pero no debe olvidarse, dada la específica finalidad de la obra de arte, que la prioridad en la salvaguarda es distinta: estabilidad de la apariencia externa frente a estabilidad de la resistencia mecánica.

Un complemento bibliográfico de sumo interés ha sido la normativa referida a los requisitos que debe cumplir un papel para ser considerado permanente. El estudio exhaustivo de las normas existentes en distintos ámbitos y países nos ha llevado a constatar la **inexistencia de una norma referida específicamente a papeles de aplicación artística**. Esta laguna ha impedido ceñirnos a una metodología concreta y nos ha obligado a averiguar qué criterios propuestos o normalizados resultaban más indicados para nuestros propósitos.

Durante el transcurso de la investigación apareció la norma internacional ISO 9706 "Papel para documentos-Requerimientos de permanencia"¹ que supone una metodología unificada a nivel internacional para establecer la permanencia de los papeles. Pero como su propio nombre indica ("papel para documentos") en su ámbito de acción no se tienen en cuenta los papeles de uso artístico.

De hecho, mediante esta investigación se ha podido comprobar la inadecuación de la norma ISO 9706 para la evaluación de la permanencia de soportes artísticos, ya que no contempla el comportamiento del papel ante el amarilleamiento: papeles considerados como permanentes según la norma ISO 9706 pueden no ser soportes adecuados para la creación artística por adolecer de una blancura estable.

Lo mismo ocurre con el resto de las normas que han sido estudiadas en este trabajo; ni la norma estadounidense ANSI/NISO Z-39.48, a pesar de incluir en su ámbito de acción a las obras de arte, ni la norma alemana DIN 6738 que contempla los papeles de dibujo, son adecuadas para evaluar la permanencia de papeles artísticos, ya que tampoco tienen en cuenta el amarilleamiento, ni sus resultados correlacionan lo que sería deseable con esta variable.

¹ El borrador de esta norma (ISO/DIS 9706) se hizo público en Octubre de 1992. Hacemos destacar el hecho de que en Marzo de 1994 dicho borrador se convirtió definitivamente en norma ISO, que no fue publicada hasta Junio de este mismo año, fecha en la que prácticamente había concluido la fase experimental de esta investigación llevada a cabo bajo las directrices de lo que había sido el proyecto de norma (ISO/DIS).

Debido a la importancia estética de la obra de arte cabe concluir que cualquier estudio sobre la permanencia de papeles destinados a dicha finalidad debería tener en cuenta este factor, principalmente en lo que respecta al amarilleamiento; por ello ninguna de las normas existentes se adecúa a los requisitos prioritarios de estabilidad de un papel artístico.

En tal sentido, una de las conclusiones es la necesidad de que los organismos pertinentes realicen nuevas investigaciones para establecer una normativa, preferentemente internacional (ISO), que evalúe la permanencia de los papeles artísticos y que, al igual que han hecho ISO y ANSI/NISO en el caso de los papeles para documentos, se establezca un símbolo que certifique en los papeles para obras de arte su carácter de permanencia (de "soporte permanente para obras de arte"), evitando así en los consumidores dudas respecto a su idoneidad.

Desgraciadamente no se tienen noticias de que ISO esté elaborando una normativa de este tipo, aunque sí se sabe de un proyecto de ASTM (American Society for Testing and Materials) para papeles artísticos, en el cual se tiene en cuenta la pérdida de blancura durante el envejecimiento acelerado.

Por otro lado, es de destacar el interés por ampliar el ámbito de acción y la idoneidad de las normas sobre permanencia del papel. Durante el desarrollo de este trabajo ISO elaboró un borrador para "papeles de archivo" (máxima durabilidad) y actualmente también prepara normas relativas a la permanencia de cartones y a los requerimientos necesarios para el buen almacenamiento de

la documentación. También ANSI/NISO están abordando este último punto y ASTM trabaja en el perfeccionamiento de los métodos de envejecimiento artificial para la evaluación de la permanencia.

Quizás sólo haya que esperar un poco para que las inquietudes despertadas respecto a la permanencia de los papeles de uso artístico queden reflejadas en una normativa acorde.

A la vista de los resultados hay que abogar por el establecimiento de una normativa industrial que alentara al fabricante de papeles artísticos al cumplimiento de unos requisitos mínimos avalados externamente por el sello o símbolo de garantía adecuado a la longevidad esperada. En tal sentido no dudamos que nuestro trabajo supone una contribución al camino recorrido, que antes o después derivará en la salvaguarda de las futuras obras de arte.

2. CONCLUSIONES SOBRE LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES ANALIZADOS

Si el papel es en sí mismo una materia, aparentemente muy frágil ¿han de considerarse efímeros los papeles utilizados actualmente como soporte artístico?.

Todo depende del concepto de efímero. Contestando por analogía, se puede afirmar que la esperanza de vida de los papeles actuales es, en términos muy generales, inferior a la de los papeles fabricados hasta el siglo XIX, y el dato nos parece de interés tanto para los artistas que desean que su obra permanezca conservando la estética original, como para el Patrimonio Artístico porque, en un futuro no lejano, a los responsables de Museos y Colecciones de arte, las generaciones venideras les exigirán desplegar todos los mecanismos posibles para conservar las obras de arte sobre papel antes de que se pierdan¹.

Pero aunque es cierto que muchos papeles actuales tienen una alta predisposición al rápido envejecimiento, también lo es que la industria es capaz de fabricar soportes mucho más permanentes que los emblemáticos "papeles de trapos", sin que esto tenga que suponer un coste adicional para los consumidores o una traba para la aplicación de determinadas técnicas artísticas.

¹ De hecho ya han tenido que ser intervenidas obras de autores tan renombrados como Dalí, Miró, Antonio López, etc.

Para comprobar la adecuación de un grupo de papeles actuales, nuestra primera tarea fue adquirir en el comercio un lote de papeles diferentes hasta obtener una muestra suficientemente representativa en la que cimentar el estudio. Su elección no ha sido aleatoria pues se ha tenido buen cuidado de representar aquellos tipos de papel utilizados en las técnicas artísticas más habituales, descartando reiteraciones dentro de una misma clase (es decir, los de idéntica composición que ofrecían variantes secundarias en su acabado superficial, gramaje, etc.). Además, teniendo en cuenta las alternativas que ofrece la industria, el lote incluye, hasta completar 55 clases diferentes, el papel de fabricación artesanal ("a mano"), el comercializado como no ácido, el reciclado o ecológico, papeles transparentes para dibujo e incluso el denominado "papel sintético".

Ante la ausencia de una reglamentación sobre la permanencia de los papeles de uso artístico, y tras la ardua tarea de analizar la normativa vigente acerca de los papeles a utilizar con fines de Archivos y Biblioteca (la materia es la misma: el papel), los criterios de investigación se han definido adecuando la reglamentación sobre documentos gráficos a las exigencias científicas de nuestros objetivos, pero buscando siempre el acuerdo con la normativa establecida, de manera que todos los ensayos realizados pudieran compararse con los realizados en otras investigaciones según metodología reconocida a nivel internacional.

Estos criterios, uniformes para los distintos ensayos y análisis, se dirigen a:

1) **Conocer las propiedades de partida;** para lo cual se han analizado todos los papeles para establecer su permanencia según las normas ISO 9703 y ANSI/NISO Z-39.48 (resistencia al desgarro, grado de acidez, reserva alcalina y resistencia a la oxidación)

2) **Averiguar la variación de las características originales con el paso del tiempo;** para lo cual se han sometido los papeles a un envejecimiento acelerado en húmedo (65% HR y 80°C durante 24 días) según las indicaciones de ISO 9703, con el fin de comprobar la retención de la resistencia al desgarro y el grado de blancura. Para el primer propósito se ha realizado una adaptación de la norma DIN 6738, para el segundo se ha evaluado la reversión de la blancura según la normativa UNE (UNE 57.062).

Los resultados individuales obtenidos para cada tipo de papel se recogen en un Anexo, que supone una importante guía para los artistas y usuarios. Este anexo en sí es una importante parte de estas conclusiones, pues refleja de forma clara y accesible la **permanencia y propiedades** de cada uno de los papeles analizados.

A este respecto cabe indicar que dicha guía deberá tomarse a modo orientativo, pues pueden haber diferencias entre distintas tiradas de un mismo papel, o los resultados ser variables según las condiciones a que los papeles hayan sido sometidos antes de su análisis (por ejemplo almacenamiento en la fábrica, transporte y comercio, circunstancias que en nuestro estudio no han podido ser consideradas).

En términos generales los papeles analizados cuya permanencia sea adecuada no son muchos; los resultados incluso pueden ser desalentadores:

- Sólo el 20% cumple con los requisitos de las normas ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48
- Sólo el 15% tiene una reversión de blancura menor de 10 puntos (amarilleamiento escasamente perceptible).
- **SOLO UN PAPEL de todos los analizados cumple los requisitos** de las normas ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48 además de tener una reversión de blancura menor de 10 puntos (muestra n° 24: papel Super Alfa, de Guarro).

3. CONCLUSIONES SOBRE EL METODO PROPUESTO PARA PROLONGAR LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES ARTÍSTICOS.

Con todo, a la espera de que llegue una normativa que identifique los papeles artísticos permanentes, teniendo en cuenta que no es válida para nuestros propósitos la de ISO 9706, ¿qué se puede hacer?. Nuestro trabajo ha querido contribuir a este respecto y partiendo de la premisa de que la acidez era el factor que más estaba influyendo en la permanencia -incluido el amarilleamiento- de los papeles analizados (comprobación realizada con métodos estadísticos tras el análisis de todos los resultados, y avalada por múltiples investigaciones), nos hemos planteado la hipótesis de si un proceso de desacidificación podría suponer algún remedio.

Tras someter el total de papeles a un tratamiento con hidróxido cálcico (método de desacidificación de reconocida eficacia en el campo de la restauración) se han vuelto a repetir las pruebas con arreglo a los mismos criterios.

Los resultados, en síntesis, son esperanzadores:

- 33% de los papeles desacidificados (frente al 20% en los papeles sin desacidificar) cumplen con los requisitos de ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48.
- 25 % de los papeles desacidificados, frente al 15% de los papeles sin desacidificar, tiene una reversión de blancura de menos de 10 puntos.
- 2 de los papeles desacidificados (cerca del 4%), frente a uno no desacidificado (casi un 2%), cumplen con los requisitos de ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48, además de obtener un reversión de blancura menor de 10 puntos. Aunque este número sea escaso, se debe principalmente a la imposibilidad de elevar la reserva alcalina de los papeles hasta alcanzar los límites requeridos por ISO y ANSI/NISO.

Ateniéndonos al estudio de cada una de las características que influyen en la adecuación a un grado de permanencia óptimo, los resultados evidenciados tras la desacidificación son mucho más satisfactorios. Podemos comprobar, sobre todo en el caso de las muestras con problemas de acidez, cómo el tratamiento de la desacidificación, aunque no haya podido conseguir una permanencia absoluta para la mayoría de los papeles, ha mejorado notablemente sus características:

- Los papeles desacidificados han aumentado el grado de cumplimiento de los requisitos de ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48.
- Los papeles desacidificados han aumentado la retención de la resistencia al desgarró tras el envejecimiento acelerado en húmedo (100% de retención óptima, frente a 81% en el caso de los papeles sin desacidificar).
- Los papeles desacidificados han disminuido la pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado en húmedo.

Puede decirse, con la seguridad que avala el análisis estadístico que el tratamiento de desacidificación con hidróxido cálcico aumenta la permanencia de los papeles de uso artístico.

La bondad del método es bien elocuente y tiene una ventaja añadida: el propio artista puede realizar la prueba de acidez y desacidificar sus propios papeles.

Nuestras recomendaciones al respecto serían las siguientes:

- A falta de otras indicaciones, el artista puede **verificar el grado de acidez** de un papel con suma facilidad empleando un lapiz indicador de pH, tal como queda reflejado en el Capítulo IV¹.
- En principio **deberían descartarse los soportes ácidos**, aunque pueden mejorarse sus características por medio de la desacidificación².
- La desacidificación mejora ostensiblemente las propiedades de los papeles ácidos y también resulta beneficiosa en el caso de muchos papeles neutros.
- Una buena práctica, ante la inexistencia de papeles artísticos con permanencia certificada, sería que el artista **desacidificara sistemáticamente aquellos papeles con los que va a realizar obras cuya perduración estime necesaria**.

¹ Desgarrar el papel y "pintar" con el lápiz las fibras expuestas en la pestaña; un tono púrpura indica que el papel es neutro o alcalino, el amarillo demuestra su acidez.

² Para desacidificar un papel se preparan 1,5 g de hidróxido cálcico por litro de agua, se deja reposar de un día para otro, se vierte en una cubeta el líquido limpio que queda en la superficie, se bañan los papeles hasta su total impregnación, generalmente durante unos 20 minutos (según grosor), se olean y finalmente se dejan secar entre papel secante con peso ligero.

En cualquier caso, no nos cansamos de decir que la degradación es un proceso dinámico y abierto, en el que confluyen otros vectores. Por ello y siempre dentro de la tendencia preventiva, nos tomamos la licencia, en estas conclusiones, de pergeñar unas líneas preventivas, fáciles de llevar a cabo, que deberían tenerse en cuenta, según los niveles de responsabilidad, tanto por los artistas como por las galerías de arte o los propietarios:

Recomendaciones generales para la salvaguarda de obras de arte sobre papel

1. Desde el punto de vista del soporte

- Emplear soportes de buena calidad (papel permanente con resistencia al amarilleamiento).
- En caso de dudas acerca de la permanencia del soporte, proceder a su desacidificación antes de la realización de la obra de arte.

2. Desde el punto de vista de los elementos sustentados:

- Evitar el empleo de tintas de mala calidad y con pigmentos metálicos.
- No incluir en la obra aditamentos que puedan acidificarse ("collages" con papel de periódicos, cartones ácidos, etc.) u oxidarse (algunos elementos metálicos, cinta autoadhesiva, etc.)

3. Desde el punto de vista del montaje

- Las obras de arte sobre papel nunca deben colocarse en contacto con otros soportes que puedan actuar como contaminantes (cartones ácidos, papeles de mala calidad, maderas, acetato de celulosa).
- No deben utilizarse materiales susceptibles de oxidación (chinchetas, grapas, cinta autoadhesiva, etc.).

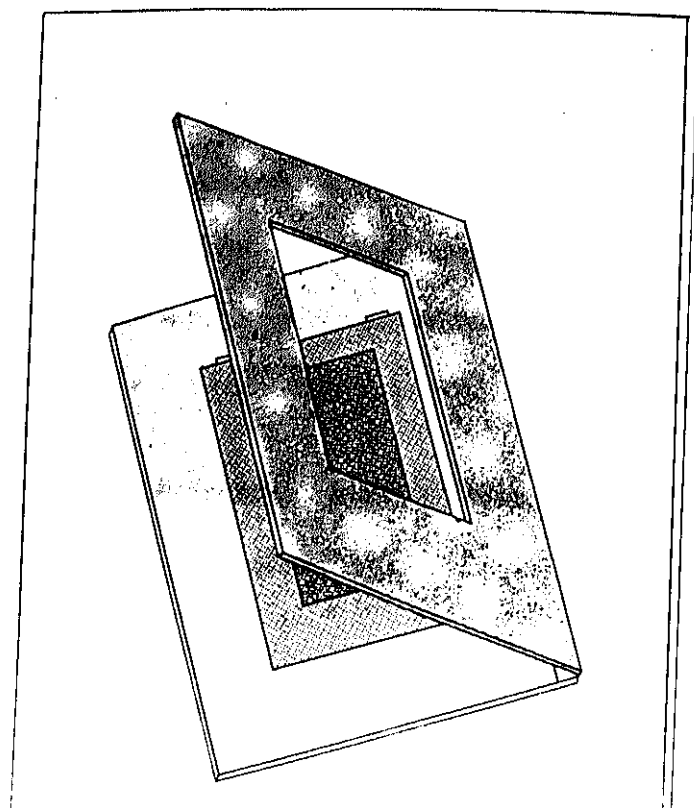


Fig. 74 - Montaje y enmarcado de grabados

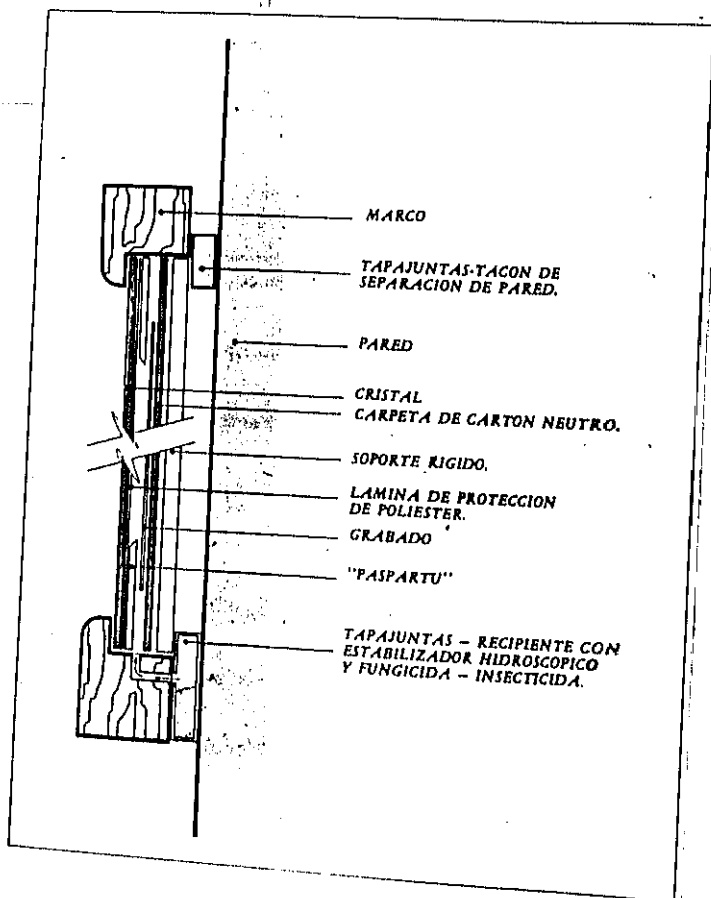


Fig. 75 - Carpeta-"paspartú" para el montaje de grabados

- La obra no debe estar en contacto directo con un cristal, pues a la larga, puede potenciar la condensación de humedad y crear un microclima adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- El montaje ideal es el enmarcado realizado con una carpeta "passe-partout", tal como se describe en la ilustración contigua.
- A no ser por imposibilidad debida a problemas de peso y/o grosor, las obras deben montarse con charnelas unidas sólo al soporte de montaje, de modo que puedan separse completamente de éste sin implicar ningún tipo de manipulación dañina. Debe evitarse el empleo de cintas adheridas o la unión total a otro soporte.

3. Desde el punto de vista del ambiente de exhibición

- Se recomienda un ambiente sin oscilaciones climáticas diarias mayores de $\pm 3\%$ HR y $1,5^{\circ}\text{C}$
- La temperatura y humedad óptimas se sitúan entre 18°C y $22^{\circ}\text{C} \pm 3$ y $50-60\%$ HR ± 5 .
- El papel es un material sensible a la luz, y también lo son muchas de las tintas que se emplean en la elaboración de la obra de arte. Se recomienda el control de la luz, evitando exposiciones prolongadas, a más de 150 lux en el caso de estampaciones, dibujos con elementos sólidos, óleos, temple y acrílicos, o de 50 lux si son acuarelas o se han empleado pigmentos vegetales o animales.
- La iluminación más recomendable es la artificial con lámparas dotadas de filtros ultravioletas.

- Deben evitarse los ambientes contaminados, con altas concentraciones de dióxido de azufre y polvo.
- Las obras deben instalarse separadas de la pared (por ejemplo colocando tacos tras el enmarcado) de modo que pueda circular el aire por el reverso del montaje y se evite la transmisión de humedad de los muros.
- En zonas con climas o condiciones que propicien el ataque biológico deben efectuarse revisiones periódicas y emplear sustancias repelentes.
- Deben tenerse previstos sistemas de salvamento en caso de incendio, inundación u otro tipo de catástrofe.

Estas indicaciones pretenden ser, simplemente, unas recomendaciones mínimas para recordar que la permanencia de una obra no solo depende de sus propias características. En la mayoría de las ocasiones éstas son sólo las responsables de la "propensión" a sufrir en mayor o menor grado los daños de un ambiente y uso inadecuado.

En cualquier caso, nuestra investigación se ha dirigido, dentro de la obra de arte como un todo, a su base, el soporte, uno de los elementos más marginados. El camino por recorrer es todavía largo. Ojalá que los resultados del trabajo sean un acicate para ahondar en los muchos problemas planteados, y en aquellos que, aunque quedaron fuera de nuestros objetivos, resultan un complemento imprescindible: La investigación de las tintas -o más ampliamente, de los elementos sustentados-, y su interacción con el soporte sigue siendo un reto.

BIBLIOGRAFIA

- ABALIA, K., BARRIO, M., BERASAIN, I. y OKARANZA, R., 1991:** "Tratamiento informático de las encuestas sobre técnicas y criterios de restauración y conservación de artistas contemporáneos". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 81-88.
- ABBEY..., 1993:** "ISO prepares to work on Documents Storage Standard", *The Abbey Newsletter* v. V. 17, 1, p. 2-3, Austin (USA)
- ABBEY..., 1993:** "ISO Paper Permanence Standard Approved", *The Abbey Newsletter*, V. 17, 5, p.17, Austin (USA)
- ABBEY..., 1993:** "Revised ANSI Standard Appears" *The Abbey Newsletter*, V. 17, 5 p. 32, Austin (USA)
- ABBEY..., 1993:** "Early returns from the Abbey Permanent Paper Survey" *The Abbey Newsletter*, v. V. 17, 6, p. 85-86, Austin (USA)
- ABBEY..., 1993:** "Some Permanent Papers Available in the U.S.", *The Abbey Newsletter*, V. 17, 7/8, p. 102-105, Austin (USA)
- AENOR 1992a:** *Normas UNE. Catálogo 1992*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid. 645 pp.
- AENOR 1992b:** *Normas UNE. Descriptores*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid. 179 pp.
- ALLEN, G. & UNWILL (ed.), 1969:** *Problems of conservation in museums*, ICOM, Londres.
- ALMELA, J., 1956:** *Higiene y terapeutica del libro*, Fondo de Cultura Económica, México, 221 pp.
- ALONSO, L., 1993:** *Museología. Introducción a la teoría y práctica del museo*, Ediciones Istmo, Madrid. 424 pp.

- ALTHOFER, H.** 1991: "La teoría de la restauración del arte contemporáneo". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. p. 98-104.
- AMON, J.**, 1979: *Estadística descriptiva: Estadística para psicólogos*, Editorial Pirámide, Madrid. 386 pp.
- ARANSAY, C. y PARDO, D.**, 1990: "Resultados parciales de las encuestas realizadas por el Grupo de Trabajo a artistas contemporáneos". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. p. 17-24.
- **ASENJO, J.L.**, 1961: *El papel y su fabricación*, Escuela de Librería II. I.N.L.E. - Barcelona. 29 pp.
- **ASENJO, J.L.**, 1994: "Conservación y durabilidad de los papeles destinados a la impresión", *Primeras Jornadas Archivísticas: "El papel y las Tintas en la transmisión de la información*, (Mayo de 1992)", Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 55-63.
- ASOCIACION DE INVESTIGACION TECNICA...** 1982a: "Clasificación de los papeles impresos y de escritura" *Investigación y Técnica del Papel*. Tomo XIX, nº 73, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, p. 648-649. Madrid.
- **ASOCIACION DE INVESTIGACION TECNICA...** 1982b: "Terminología papelera. Definición de términos." *Investigación y Técnica del Papel*. Tomo XIX, nº 74, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, p. 910-987. Madrid
- **ASOCIACION DE INVESTIGACION TECNICA...** 1992: "Diccionario Terminológico Iberoamericano de Celulosa, Papel, Cartón y sus derivados".
- BARBACHANO, M.A. y BENY, A.** 1990: "Entelado de obras de arte sobre papel". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 64-70

- BARROW, W.J.**, 1960: *The manufacture and testing of Durable Book Papers*. The Virginia State Library. Richmon. Virginia. 21 pp.
- BARROW, W.J.**, 1963: *Permanence/Durability of the book. A Two-Year research program*, (2º ed.), W.J. Barrow Research Laboratory, Richmon, Virginia, 46 pp.
- BARROW, W.J.**, 1964: *Permanence/Durability of the book-II. Test Data of Natural Aged Papers*, W.J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia. 79 pp.
- BARROW, W.J.**, 1964: *Permanence/Durability of the book-III. Spray Deacidification*, W.J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 62 pp.
- BARROW, W.J.** 1967: *Permanence/Durability of the book-V. Strength and other characteristics of book papers 1800-1899*, W.J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 116 pp.
- BARROW, W.J.**, 1969: *Permanence/Durability of the book-VI. Spot Testing for unstable modern book and record papers*, W.J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 27 pp.
- BARROW, W.J.**, 1973: *The Barrow method of restoring deteriorated documents*, W.J. Barrow Restoration Shop, Inc. State Library Building, Richmond, Virginia, 20 pp.
- BARTON, J.P. y WELLHEISER, J.G.** (edit.) 1979: *An ounce of prevention*, Toronto Aree Archivist Group Education Foundation. Toronto. 180 pp.
- BETHGE, P.O.**, 1989: "Brief minutes". *Meeting of TC 46/SC 10/WG* (ISO Document N3: 18-19 de Octubre de 1989), Estocolmo, 5 pp.
- BETHGE, P.O.**, 1989: *Paper for permanent records - Second Working draft* (ISO Doc. N4: 23 de octubre de 1989) Estocolmo, 4 pp.
- BETHGE, P.O.**, 1990: *Addenda to N4* , (3 de Marzo de 1990) Estocolmo, 2 pp.
- BRAVO, M.I.**, 1982: *Un capítulo fundamental en la museología: La seguridad en los museos*, ANABAD, Madrid. 115 pp.

- BRIQUET, C.M.**, 1968: *Les filigranes*, Jubilee Editions, The Paper Publications Society. Hilversum.
- BROWNING, B.L.**, 1970: "The nature of paper" en H.W. WINFER y R.D. SMITH (Ed.), *Deterioration and preservation of library materials*, University of Chicago Press, Chicago. p. 18-38,
- BROWNING, B.L.**, 1977: *Analysis of paper*, 2º ed. rev. y amp. (1º ed. 1907), Marcel Dekker INC., Nueva York, 366 pp.
- BRÜCK, J.**, 1988: *Papeles para acuarela y Dibujo*. Ed. CEAC, Gias de Dibujo y Pintura , Barcelona, 58 pp.
- BRÜCKLE, I.**, 1993: "The role of Alum in Historical Papermaking", *Abbey Newsletter*, v. 17, 6, Austin (USA). p. 53-57,
- CAALABRO, G., SAVAGNONE, F. y TANASI, M.T.**, 1992 : "Artificial ageing conditions and quality control test for evaluating the permanence of paper", *Nouvelles de L'Ársag*, Nº 8, ICOM. Groupe de Travail "Documents Graphiques".
- CAPEROS, A. y SERFATY, J.L.**, 1969: *Atlas de fibras para celulosa* (2 vols), Ministerio de Agricultura, Madrid.
- CASALS, R.**, (s. a.): *Características del papel* , Howson-Algraphy. Barcelona.
- C.C.I.** (ed.), 1.986: *Fibre Information 13/11* , Canadian Conservation Institute (CCI), National Museums of Canada, Ottawa, 3 pp.
- C.C.A.** (ed.) 1990: *Manuel de conservation des documents d'archives*, Conseil Canadien des Archives, Ottawa, Ontario. 82 pp.
- CHAPMAN, P.** , 1990: *Guidelines on preservation and conservation policies in the archives and libraries heritage* , UNESCO, General Information Programme and UNISIT, París, 40 pp..
- CHURCH, R.** (dir.), 1960: *Permanent/Durable book paper. Summary of a Conference*, American Library Association and the Virginia State Library, Richmond, Virginia. 53 pp.

- CIBS** (ed.), 1980: "Light Guide", *Museums and art Galleries*, 14, The Chartered Institution of Building Services, Londres
- CLAPP**, V. W., 1970: "The story of permanent/durable book-paper, 1115-1970". *Restaurator*, Supplement 3. Copenhagen. p. 40-51.
- C.N.C.** (ed.). 1991: *Bedreigdd papierbeziit inbeeld/Endangered books and documents..* Coord.R.C.Hol y L. Voogt. Coördinatiepunt Nationaal Conserveringsbeleid/National Preservation Office (CNC). La Haya. 222 pp.
- C.N.C.** (ed.), 1992: *Expert meeting on conservation of acid paper material and the use of permanent paper - Proceedings*, Coördinatiepunt Nationaal Conserveringsbeleid (Reunión de expertos para la conservación de documentos de papel ácido y la utilización del papel permanente, organizada por la Presidencia de los Países Bajos y la Comisión de las Comunidades Europeas) National Preservation Office 17-19 de diciembre de 1.991, La Haya, 107 pp.
- C.N.C.** (ed.), 1994: *A proposal for selection of archive and library material for conservation treatment*, CNC-Publikaties, 6, La Haya, 21 pp.
- **COLOM**, J.F. y **GARCIA**, J.A., 1994: "El papel y su permanencia. Relación con el reciclado del papel". *Investigación y Técnica del Papel*, nº 120, T. XXXI. Abril 1994, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, p. 246-268.
- COLOM**, J.F. y **NAVAS**, A. 1972: "Utilización, clases y características de las principales fibras artificiales y sintéticas en la industria papelera", *Sextas Jornadas Técnicas Papeleras: Primeras materias para papel y cartón*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, p. 105-144.
- COMUNIDADES EUROPEAS**, 1981: "Recomendación del Consejo, de 3 de diciembre de 1981 relativa a la reutilización del papel usado y a la utilización del papel reciclado" *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. 10/12/81. p.83.
- CONFERENCE....** 1990: *Conference on book and paper conservation* (4 a 8 de septiembre de 1990), " Abstracts of papers ", Budapest. 157 pp.

- **COSTA COLL, T.** 1962: *Manual del fabricante de papel* (3º ed.), Ed. Bosch, Barcelona. 675 pp.
- CRESPO, C.**, 1994: "El papel soporte gráfico desde la Edad Media a la época actual", *Primeras Jornadas Archivísticas : El papel y las tintas en la transmisión de la información* (1.992) Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 39-45.
- CRESPO, C. y VIÑAS, V.** 1984: *La preservación y restauración de documentos y libros de papel: Un estudio del RAMP con directrices*, Programa general de Información y UNISIT. UNESCO. París, 1984, 109 pp.
- CUNHA, G.M.**, 1988: *Métodos de evaluación para determinar las necesidades de conservación en bibliotecas y archivos: Un estudio del RAMP con recomendaciones prácticas*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París, 50 pp.
- DALLEY, T.**, 1981: *Guía completa de Ilustración y Diseño: Técnicas y materiales*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-México, Madrid, 224 pp.
- DANIEL, F., FLIEDER, F. y LECLERC, F.**, 1988: " Etude de l'effet de la pollution sur les papiers désacidifiés" en *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation . Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation de Documents Graphiques 1986-1987* , Direction des Archives de France, Archives Nationales-La Documentation Française , París, p. 53-91.
- DANIEL, F., FLIEDER, F. y LECLERC, F.**, 1991: "Etude de l'effet de la pollution sur des papiers désacidifiés" en *Les documents Recherches sur la Conservation de Documents Graphiques 1988-1990* , Direction des Archives de France, Archives Nationales-La Documentation Française , París. p. 37-71.
- DANIELS, V.**, 1980: "Aqueous deacidification of paper" *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts. The Society of Archivist & The Institute of Paper Conservation*. Cambridge. p. 121-125.
- **DAWSON, J. (Coord.)** 1982: *Guía completa de Grabado e Impresión: Técnicas y materiales*, H. Blume Ediciones, Madrid , 192 pp.

DEBELIUS, E., HUEBER, R., NAPIER-CAIN, E., ROGERS, P., y LEE-BECHTOLD, S. 1993: *Initial findings: A study of shrink wrapped, simulated bound volumes*. National Archives and Records Administration. Washington. 18 pp.

DEREAU, J.M. y CLEMENTS, D.W.G., 1988: *Principios para la preservación y conservación de los materiales bibliográficos*, "Informes, Normas y Recomendaciones" nº 1, Dirección General del Libro y Bibliotecas, Centro de Coordinación Bibliotecaria, Madrid. 20 pp.

* **DICCIONARIO...**, 1992: *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. (21ª ed.), Espasa Calpe, Madrid. 2133 pp.

DIDEROT y D'ALAMBERT: "L'Imprimerie. Reliure." *L'Encilopédie. Recueil de planches ...* (Reed.), Inter-Livres. Barcelona. 1988.

DURAN, A. et al. 1992: "Tratamiento de planos en Papel vegetal y Heliográfico", *IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Sevilla, p. 591-601.

DVORYASHINA, Z.P., 1979: "Some regularities of books-storage contamination by insects" *Restaurator* 3, p. 109-116.

E.F.L.C., 1993: *European Directory of acid-free and permanent book paper / Répertoire européen des papiers d'édition sans acide et permanents*, European Foundation for Library Cooperation. Groupe de Lausanne, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 31 pp.

E.F.L.C., 1994: *Information sheet*, European Foundation for Library Cooperation, 1 de Marzo de 1994.

E.F.L.C., 1994: *Press release*, European Foundation for Library Cooperation, 18 de Enero de 1994

ENCICLOPEDIA... (1988-1988) *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*. Espasa Calpe. Madrid. (Varios Tomos)

ENGLAND, C. y EVANS, K., 1988: *Disaster Management for Libraries. Planing and Process*. Canadian Library Asociation, Ottawa. 205 pp.

- ESCOHOTADO, M. T.** 1990: "Aspectos generales de la restauración en el arte actual" *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 30-34.
- ESCOLAR, H.** 1984: *Historia del Libro* , Fundación German Sanchez Ruiperez, Pirámide, Madrid. 610 pp.
- ESCOLAR, H.**, 1987: *Historia de las bibliotecas* , Fundación Sanchez Ruiperez, Pirámide. Madrid. 571 pp.
- ESCOLAR, H.**, 1993: *Historia universal del libro* , Fundación German Sanchez Ruiperez, Pirámide, Madrid, 722 pp.
- ESCOLAR, H. (Dir.)** 1993: *Los manuscritos: Historia ilustrada del libro español*, Fundación German Sanchez Ruiperez , Pirámide. Madrid. 462 pp.
- **ESCUELA GRAFICA SALESIANA (Ed.) (s.a.):** *El papel, historia, fabricación y uso*, Escuela Gráfica Salesiana. Barcelona-Sarria, 80 pp.
- **ESTEBAN, S. y NAVARRO, R.** 1988: *Química General* , Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. Tomo I, 585 pp. y Tomo II, 765 pp.
- **ESTEVE, F.**, 1993: *Historia del Grabado* , Colección Técnicas Artísticas, Labor, Barcelona, 356 pp.
- FAVIER, F.**, 1991-92: *La desacidification*, I.C.A.: Archives Nationels, Paris. 7 pp.
- FEDERAL-STATE TASK GROUP**, 1992: *Paper deterioration. Report*. Federal Government and the Laender in the Federal Republic of Germany. 56 p.
- FEDERICI, C. y ROSSI, L.**, 1983: *Manuale de conservazione e restauro del libro*, La nuova Italia Scientifica , Roma, 260 pp.
- FERNANDEZ DE AVILES, A.**, 1982: "Notas sobre la reintegración mecánica de documentos gráficos", *IV Congreso de Conservación de Bienes Culturales* (Palma de Mallorca), Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte/Comité Español de ICOM, Madrid, p. 261-272.
- **FERNANDEZ DE AVILES, A.** 1988 : *Cursillo sobre la fabricación del papel a mano*. Policopiado. 30 pp.

- **FLEXES, M.C.**, 1977: *El papel. Fabricación - Normalización - Preservación - Restauración*, Universidad Nacional de Córdoba. Centro Interamericano de Desarrollo de archivos. Organización de los Estados Americanos. Cordoba, 95 pp.
- FLIEDER, F. et alii**, 1988: "Analyse et restaurartion des papiers transparents anciens", *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation de Documents Grafíphiques 1986-1987*, Direction des Archives de France. Archives Nationales-La Documentation Française. París. p. 93-137.
- FLIEDER, F. y DUCHEIN, M.**, 1983: "Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation", *Cashier techniques: musées et monuments*, nº 6, Paris, Unesco.
- FORSTON, J.**, 1990: "Report on the S.A.A. Standards Board". *Infinity. The Newsletter of the Society of American Archivist-Preservation Section*. V.6, Nº. 3. p. 7.
- GALLO, F.**, 1989: "Biologia e Biblioteche", *Edizioni per la Conservazione*, nº 3/4, Roma, p. 151-161.
- GASPAR, E.** 1990: "Tratamiento de "Cap en la nuit" de Joan Miró". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 71-74.
- **GAYOSO, G.**, 1967: "Apuntes para la historia del papel en España", *Investigación y Técnica del papel*. nº 11., Instituto Papelero Español, Madrid, p. 71-80.
- GAYOSO, G.**, 1972: "Características del papel de Breviario Mozárabe de Silos", *Investigación y Técnica del Papel*, nº 31, Instituto Papelero Español, Madrid.
- G.C.I.** 1990: "Exposure of deacidified paper to sulfur dioxide and nitrogen dioxide" *The Getty Conservation Institute Newsletter*. The Getty Conservation Institute. Vol. V. N. 2, p. 6.

- GINESTET, R.**, 1972: "La demanda potencial para el papel sintético" *Sextas Jornadas Técnicas Papeleras: Primeras materias para papel y cartón*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, p. 173-195.
- GONZALEZ, J.**, 1.991 : *Aproximación a las posibilidades técnicas del grafito*, Memoria de Licenciatura, Facultad de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid (Inédita).
- GONZALEZ, J.**, 1993: *Técnicas y materiales de dibujo*. Tesis Doctoral. Facultad de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid .
- GRAMPP, D.W.**, 1991: *Arte inversión y mecenazgo. Un análisis económico del arte*. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. 255 pp.
- GRATTAN, D.W.**, 1980: "The oxidative degradation of organic materials and its importance in deterioration of artefacts". *J. IIC.CG.*, Vol. 4, Nº 1, p. 17-26.
- GREEN, S.**, 1993: "Greener Papermaking-Is it good for permanence?" , *Abbey Newsletter*, v. 17, Jul. p.26. USA.
- GUICHEN, G.**, 1980: *Climat dans les musee/Climate in museums*, ICCROM, Roma. 77 pp.
- HAAS, W.J.**, 1979: "Report of a Meeting. Conference on Book Paper and Book Preservation (Nueva York, Mayo de 1979)", *Library of Congress Information Bulletin*, August 3, Washington, p 123-127.
- HARDING, E.** 1980: "The mounting and storage of prints, drawings and watercolours at the Brithis Museum". *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*. The Society of Archivist & The Institute of Paper Conservation. Cambridge. p. 132-135.
- HAYES, C.** 1980: *Guia completa de Pintura y Dibujo, Técnicas y materiales*, Blume Ediciones, Madrid, 224 pp.
- HERRAEZ, J.A. y RODRIGUEZ, M.A.** 1989: *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, Madrid, 34 pp.

- HERRAEZ, J.A. y RODRIGUEZ, M.A.**, 1991a: *Recomendaciones para el control de las condiciones ambientales en exposiciones temporales*, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, Madrid, 15 pp.
- HERRAEZ, J.A. y RODRIGUEZ, M.A.**, 1991b: "Recomendaciones para el control de las condiciones ambientales en exposiciones temporales". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 76-80.
- HERRERA, M.**, 1990: "Analysis of ozone concentration and its influence on the archives of the Kingdom of Aragón, Barcelona", *Restaurator* 11, nº 3, p 208-216
- HEY, M.**, 1979: "The washing and aqueous deacidification of paper". *The Paper Conservator*, nº 4. p. 66-80.
- HEY, M.**, 1993: *Guidelines for architects concerning the construction of preservation facilities in archives*. Resumen ICA. Oxford. 11 pp.
- HIDALGO, C.**, 1994: "Filigranas papeleras", *Primeras Jornadas archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de la información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 193-201.
- HIDEO, A., NORITAKA, M. y HIROYUKI, M.**, 1990: "Induced foxing by components found in foxes areas", *ICOM committee for Conservation, 9th triennial meetings (Preactas)* Dresden, R.D.A. p. 801-803.
- HOFENK DE GRAAFF, J. H.**, 1987: "The developement of standard specifications for permanent records in the Netherlands", *ICOM, Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting*, Sydney, vol. II, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, p. 671-675.
- HOFENK DE GRAAFF, J. H.**, 1991a: *Permanent Paper and standards specifications for archival materials in the Netherlands - The state of the art*, Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap / Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, 3 pp.

- HOFENK DE GRAAFF, J. H.**, 1991b: *Scientific research in the Netherlands in relation to paperconservation - The state of the art*, Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap / Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, 2 pp.
- HOFENK DE GRAAFF, J. H.**, (Coord) 1991: "The effect of pollutants on paper. A Research programme in the Netherlands", *International Seminar on Research in Preservation and Conservation*. Columbia University-UNESCO. 10 pp.
- HOL, R.C. y VOOGT, L.** (Ed.), 1991: *Bedreigd papierbezit in beeld / Endangered books and documents*, Coördinatiepunt Nationaal Conserveringsbeleid / National Preservation Office, La Haya. 222 pp.
- HON, D.N.S.**, 1981: "Yellowing of modern papers", en *Preservation of paper and textiles of historical and artistis value II*. (ed. J.C. Williams). *Advances in Chemistry Series N° 164*. American Chemistri Society. p 119-141
- HUNTER, D.**, 1.978: *Papermaking. The History and Technique of an Ancient Craft*, Dover Publications, INC. Nueva York. 611 pp.
- I.C.A.** (ed.), 1985: *Glosary of Archive Conservation terms*. International Council on Archives: Committee on Conservation and Restoration. Instituto Bibliográfico Hispánico. Madrid. 111 pp.
- ICCROM**, 1.975: *Iluminación en los museos. Guía de la Exposición*, ICCROM, Centro Internazionale per la Conservazione, Roma.
- I.F.L.A.**, (International Federation of Library Associations and Institutions) 1989: "Resolutions presented to the IFLA Council 1989" *IFLA Journal*, n° 15, Saur, Munich, p. 346-356.
- I.S.O.** 1989a: *Brief minutes* (resumen de actas) Meeting of TC 46/SC 10/WG October 18-19, 1989 in Stockholm. (Documento N3). Redactado por Per Olof Bethge, Estocolmo, 21 de octubre de 1989. 5 pp.
- I.S.O.** 1989b: *Paper for permanent records - Second Working draft*". (Documento N4) Redactado por P.O.Bethge, Estocolmo, 23 de octubre de 1989. 4 pp.
- I.S.O.** 1990: *Addendum* (Adenda a N4-Documento N5). Redactado por P.O.Bethge, Estocolmo. 3 de Marzo de 1990. 2 pp.

- I.S.O.** 1992: *Catalogue 1992..* International Organization for Standardization. Genève. 930 pp.
- I.S.O.** 1994a: ISO/CD 11108 *Information and documentation - Archival papers - Requirements for permanence and durability*. ISO/TC 46/SC 10/ (Documento N 77). 24 de Enero de 1994. 2 pp.
- I.S.O.** 1994b: *Information on a research project started by the ASTM committee on paper and paper products* ISO/ TC 46/ SC 10. (Documento N 80). 11 pp. Contiene 3 documentos de ASTM:
- . "Specifications for printing & writing papers requiring a degree of permanence; proposed research program".
 - . "Research program to study the effects of aging on printing & writing papers".
 - . "ASTM/IR. Executive summary for a research project regarding standards for printing & writing papers".
- I.S.O.** 1994c: ISO/TC 46/SC 10. Documento N82. *Note from the secretariat concerning a posible New Work Item por Pemenant Boards..* 1 pp.
- Italian Proposal** to ISO/TC 46/SC 10/WG 1. 10/5/91. *Paper for the longest-life documents, records and publications, Specifications for permanence and durabiblity*. 5 pp.
- JULIAN, I.**, 1993: *El cartel republicano en la Guerra Civil Española* , Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos/ Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, 222 pp.
- KANADA, M.M.**, 1992: *Color Woodbloc Printmaking. The Traditional Method of Ukiyo-e*, Shufunotomo, Tokyo, 84 pp.
- ✧ **KEIM, K.**, 1966: *El papel*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española/ Instituto Papelero Español, Madrid, pp. 538.
- ✧ **KEIM, K.**, 1967: *El papel y la impresión* , Asociación de investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, 97 pp.
- KELLY, G.B.** 1972: "Practical aspects of deacidification". *IIC, A.G. Technical Paper* , Philadelphia.

- KELLY, G.B. y KOWLER, S.** 1978: "Penetración y emplazamiento de compuestos alcalinos en papel deacidificado en disolución". *Journal American Institute for Conservation*, 17, p. 33-43.
- KRAEMER, G.** 1973: *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de Bibliotecas y Archivos* (2º ed.i), Dirección General de Archivos y Bibliotecas, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, T. I, 838 pp. y T. II 210 pp.
- **KRAEMER, G.** 1979: "Papel estable: Necesidad actual cumplida en España", *Investigación y Técnica del papel*, nº 62, octubre 1979. Asociación de Investigación técnica de la industria Papelera Española, Madrid, p. 848- 876.
- **LA LANDE,** 1778: *Arte de hacer el papel segun se practica en Francia, Holanda, en la China y en el Japon* , (Facsimil) Espasa Calpe S.A., Madrid, 1968. 284 pp.
- LECLERC, F.**, 1992: "Influence des azurants optiques sur la permanence dew papiers", *Nouvelles de l'Arsag*, nº 8., p. 18-19
- **LENNINGER, A.L.**, *Bioquímica*, (2º ed.), Ediciones Omega. Barcelona.
- LEPERTIER, L.**, 1977: *Restauration des dessins et estampes* , Office du Libre S.A., Ginebra.
- LIENARDY, V.D.**, 1990: "Practical deacidification". *Restaurator* 11, 1, p. 1-21.
- LITTLE, T.M. y HILLS, F.J.** 1987: *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura* , Editorial Trillas, Mexico, 270 pp.
- **LOGAN, M.** 1989: "Recycled paper" , *Edizioni per la Conservazione*, n 3/4 , Roma, p. 171-177.
- MAC CRADY,** 1993: "Clinton Mandates Recycled paper in Executive Branch, Circumvents Permanence Standards", *Abbey Newsletter* ,v. 17,6. Oct. p. 63-66.
- MAC KENZIE, G.**, 1992: *Report of meeting of ISO TC 46/SC 10* , Londres , 3 pp.
- MALTESE, C.** (ed.),1990: *I Supporti nelle arti pittoriche. Storia, Tecnica, Restauro*, Mursia, Milan , T. I, 404 pp., T. II, 436 pp.

- ' **MARCOS, M.T.**, 1985: *La industria artesanal del papel en Cuenca* , Publicaciones de la Excm. Diputación Provincial de Cuenca, "Serie Etnología" Nº 2, Cuenca , 173 pp.
- ' **MARTIN, G.**, 1965: *Físico-Química del papel* , Publicaciones Offset, Barcelona. 64 pp.
- MARTINEZ, J.**, 1992: *Pequeña historia del libro* , Editorial Labor, S.A., Barcelona, 203 pp.
- * **MATEY, M.**, 1.992: *Papel usado. Recogida y Reciclaje*,. Policopiado Pre-actas "Primeras Jornadas Archivísticas: El papel y las tintas en la transmisión de la información" , Diputación Provincial de Huelva, Huelva, 18 pp.
- * **MATEY, M.**, 1994: "El papel reciclado. Propiedades físicas y factores de permanencia", *Primeras Jornadas Archivísticas: El papel y las Tintas en la transmisión de la información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 69-101.
- MIHRAM, D.**, 1986: "Paper deacidification: a bibliographic survey" *Restaurator* 7, pp. 81-118.
- MIJLAND, H.J.M., ECTOR, F.F.M. y VAN DER HOEVEN, K.**, 1991: "The Eindhoven Variant: a method to survey the deterioration of archival collections", *Restaurator*, Vol. 12, nº 3, p.. 163-182.
- MINOGUE, A. (s.a.)**: "'The repair and Preservation of Records", *Bull. of National Archives* , núm 5, Publ. TC-221, Washington, 56 pp.
- MUSEU-MOLL., (ed.)** 1991: *El museo-molino papelerero de Capellades. Guía para visitarlo, historia del origen del papel y su industrialización* , Museu-Moli Paperer de Capellades, Capellades. 95 pp.
- NAVARRO, J.**, 1967: *Propiedades, ensayos y análisis del papel*, (2ª ed.), Editorial Sucesores de Limousin Hermanos, Tolosa, 117 pp.
- * **NAVARRO, J.**, 1970: *Temas de la fabricación del papel* , Editorial Marfil, Alcoy, 431 pp.
- * **NAVARRO, J.**, 1971: *Ensayos físico-mecánicos del papel*, Editorial Marfil, Alcoy, 259 pp.

- ✓ **NYUKSHA, J.P.** 1979: "Biological principles of book keeping conditions". *Restaurator* 3. p. 101-108.
- OLEESKY, S. y MOHR, G.**, 1967: *Tratado de plásticos reforzados* , Departamento de Plásticos, Patronato "Juan de la Cierva". Madrid, 742 pp.
- PAPEL...** 1.982: "La artesanía del papel resucita en Madrid" *DIARIO 16*, 30 de Agosto , p. 11.
- PAPELERA ESPAÑOLA**, 1919: *La industria del papel en España durante la Guerra Europea*, Papelera Española, Madrid, 112 pp.
- ✓ **PAPELERA PENINSULAR (s.a-a)**: *El papel reciclado* , Papelera Universal S.A. Grupo Unipapel. Madrid. 8 pp.
- ✓ **PAPELERA PENINSULAR (s.a-b)**: *Papel reciclado 100% - La calidad recuperada.* , Papelera Universal S.A. Madrid. 11 pp.
- **PAPER RECICLAT**, 1990: *La casa verde*, Nº 62. Extra" Paper reciclat" , Acció Ecologista-Agró, Valencia, 8 pp.
- PARKER, T.A.**, 1989: *Estudio de un programa de lucha integrada contra las plagas en los archivos y bibliotecas* ,UNESCO , Programa General de Información y UNISIT. París. 64 pp.
- ✓ **PEINADO, J.** 1977: *Neutralizantes. Informe del departamento de química* , Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos, (Inédito), 17 pp.
- PEINADO, J.** 1980: "Causas de acidez, sistemas de eliminación y metodos de evaluar la efectividad de los diferentes desacidificadores", *III Congreso de Restauración de Bienes Culturales*, Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Comité Español del ICOM. Valladolid, p. 183-186.
- PEINADO, J., MARTIN, C. y GRANDE, A.**, 1988: "Evaluación de desacidificadores en medio acuoso y no acuoso", *VI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Tarragona (1986), Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura. Centre de Cconservació y Restauració de Bens Culturals Mobles, Barcelona, p. 329-333.

- * **PEINADO, J., ALONSO, P y VIÑAS, R.**, 1994: *Análisis del papel reciclado como componente de obras del Patrimonio Histórico* , Grupo de Trabajo C.E.P. Madrid, (Inédito), 46 pp.
- * **PEINADO, J., VIÑAS, R. y ALONSO, P.**, 1994: "Estudio sobre la Permanencia del papel reciclado", *X Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales* , ICOM-Comité Español , Cuenca, pp. 87-95.
- PETEHERBRIDGE, G.** 1987: *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts* , Society of Archivist. Institute of paper Conservation, Butterworths, Londres.
- PETERSEN, D.E.**, 1989: "Acid paper. The facts and the outlook", *Edizioni per la Conservazione*, n 3/4. Roma, p. 171-177.
- PLENDERLEITH, H.J.**, 1967: *La consevación de antigüedades y obras de arte* (original en inglés, 1956), Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología, Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Bellas Artes, Valencia, 423 pp.
- PRASS, B. y MARMONIER, L.**, 1990: *Du papier pour l"eternité. L"avenir du papier permanent en France* , Cercle de la librairie, Centre National des Lettres. Editions du Cercle de la librairie. París, 134 pp.
- PRAVILOVA, T.A. y ISTRUPTSINA, T.V.**, 1968: "Preservation of paper documents whit the buffer method" *Preservation of documens and papers. Academy of Sciences of the USSR*, Ed. D.M. Flyate, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem.
- * **RABAL, V.**, 1994:" El papel artesanal. Historia, actualidad y características", *Primeras Jornadas archivísticas. El papel y las tintas en la trnamisión de la información* , Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 47-53.
- * **R.C.M. (ed.)**. 1991: *Sustancias naturales y materias plásticas. Guía de productos*, R.C.M., Barcelona.
- * **RODRIGUEZ, J.**, 1970: *Los controles en la fabricación del papel* , Editorial Blume, Madrid. 360 p.

- RODRIGEZ, M.A.**, 1990: "Proyecto de Investigación sobre la estabilidad de materiales artísticos y de restauración" *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 60-63.
- RODRIGUEZ, M.D., SAN SALVADOR, B, y BENGAS, C.**, 1991: "Embalaje y transporte de obras de arte". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 63-75.
- ROMERO, M.**, 1994: "Los soportes de la escritura y la información desde la edad de los sumerios hasta la alta Edad Media", *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de la información*, Diputación provincial de Huelva, Huelva, p. 17-37.
- ROPER, M.**, 1989: *Planificación, equipo y provisión de personal de un servicio de preservación y conservación de archivos: Un estudio del RAMP con directrices*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT. París. 78 pp.
- RUIZ, E.** 1991a: "Presentación". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 11-12.
- RUIZ, E.** 1991b: "Creación de una base de datos sobre técnicas de los artistas contemporáneos y sus criterios en materia de conservación y restauración". *Comunicaciones de la 3ª Reunión de Trabajo*. Vitoria. 21 y 22 de Noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 89-97.
- SANTAMARIA, P.**, 1990: "Encuesta realizada a restauradores y artistas sobre criterios". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid, 9 de Abril de 1990. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Alava. Vitoria. pp. 39-42.

- SANTUCCI, M.L.**, 1972: "Paper deacidification Procedures and their effects" *Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. N° 548 : Les Techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. p. 197-212.
- SERRANO, A. y BARBACHANO, P.**, 1987: *Conservación y Restauración de mapas y planos y sus reproducciones: Un estudio del RAMP*, Programa General de Información y UNISIT. UNESCO. Paris, 134 pp.
- SIMONET, J.E.** 1992: *Recomendaciones para la edificación de archivos* Ministerio de Cultura. Madrid. 73 pp.
- SMITH, S. y TEN HOLT, H.F.** 1982: *Manual del artista: Equipo, materiales y técnicas*, H. Blume Ediciones, Madrid, 317 pp.
- ✧ **SMOOK, G.A.**, 1990: *Manual para técnicos de pulpa y papel*. TAPPI Press. Atlanta, 397 pp.
- STORY, K.**, 1985: *Pest Management in Museums*, Conservation Analytical Laboratory, Smithsonian Institution, Suitland. 165 pp.
- ✧ **TALAVERA, I. y MOLINA, R.**, 1988: "Evaluación y estudio de mezclas fibrosas en papeles de alta permanencia y durabilidad". *Investigación y Técnica del papel*, n° 97. Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española. Madrid. p. 542 y ss.
- ✧ **TALAVERA, I. y MOLINA, R.**, 1989: "Envejecimiento acelerado en las formulaciones fibrosas para papeles permanentes y durables" *Investigación y Técnicas del papel*, n° 100, Tomo XXVI, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, p. 356-365.
- TECNI-ARTE (ed.)** 1989: "El universo del papel: papeles para acuarela" , *Tecni-Arte*, n° 11, Diseño Editorial S.A., p. 25-31
- THOMAS, D.L.**, 1987a: *Encuesta sobre las normas nacionales aplicables al papel y la tinta que deben utilizar los administradores para la constitución de archivos: un estudio del RAMP con directrices*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, Paris, 1986, 47 pp.

- THOMAS, D.L., 1987b: *Estudio y directrices del RAMP sobre control de seguridad y almacenamiento de las colecciones de archivo* , Programa Genral de Información y UNISIT. UNESCO, París. 60 pp.
- TILLOTSON, R.G., 1977: "La seguridad en los museos", ICOM.
- TURNER, J., s.a.: *Luz en museos y galerías de arte* , Concord. Londres. 95 pp.
- ULLMAN, F., 1953: *Enciclopedia de química industrial*, Tomo XII, Gustavo Gili, Barcelona,
- UNESCO, 1960: "Climatologie et conservation dans les Musées", *Museum* vol. XIII/nº4, París,
- VALENTIN, N. 1990: "Contaminación microbiológica en museos, archivos y bibliotecas", *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos* , Madrid, p. 747-772.
- VALLS, O., 1970a: *El papel y sus filigranas en Cataluña* , The Paper Publications Society, Amsterdam.
- VALLS, O., 1970b: "Estudio sobre la trituración de trapos", *X Congreso Internacional de Historiadores del Papel*, Grenoble.
- VALLS, O., 1972: "Estudio del papel, su historia y su conservación, objetivo principal del Museo Molino Papelero de Capellades..." , *XI Congreso Internacional de la Asociación de Historiadores del Papel* (I.H.P.). Arnhen (Holanda). pp. 1117-1132.
- VALLS, O., 1978, 1980 y 1982: *Hitoria del papel en España* , Empresa Nacional de Celulosas S.A. Madrid, 3 vols.
- VV. AA, s.a.: *Le lumier et la protection des objetes et specimens exposes dans les musées et galleries d'art* , Group. Trav. Fran. Eclairage des ouvres d'art, ICOM, L'asociation Française de l'eclairage, Paris.
- VV. AA., 1918: *Enciclopedia Universal Ilustrada* , Espasa Calpe, S.A. Madrid, (Reed. en 1988).
- VV. AA , 1961-1966: *Enciclopedia de Tecnologia Química* , Unión Tipográfica, Ed. Hispano Americana (varios volúmenes).

- VV. AA , 1.982 : *Manual del artista: Equipo, materiales y técnicas* , H. Blume Ediciones, Madrid, 226 pp
- VV. AA., 1.985: "Comentarios en torno a la nueva Ley de Patrimonio Histórico", *aic. Análisis e Investigaciones Culturales* nº 25, Ministerio de Cultura, Madrid., p. 1-83.
- VV. AA. 1993: "Papers from the Survey Workshop on Books, Archives and Art on Paper-Oxford, 25 Sept. 1992" *The Paper Conservator*. V. 17. pp. 32-55.
- VERGARA, J.V. 1994: *Conservación/Restauración de material cultural con soporte de papel*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura. Valencia. 205 pp.
- VIÑAS, R., 1991: "El papel vegetal: Problemática y restauración", *Pátina*, nº 4, Escuela de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, p. 54-60.
- VIÑAS, R. (e.p.): "El papel permanente y su normalización" *Pátina*, nº 6, Escuela Superior de Conservación y Restauración e Bienes Culturales, Madrid.
- VIÑAS, V., 1970: "Degradación del papel. Métodos preventivos". *Informes y Trabajos del Instituto Central de Conservación y Restauración*, nº 11, Madrid, p.97-104.
- VIÑAS, V., 1973: "Causas de alteración del patrimonio Bibliográfico y Documental. Medidas preventivas", *Informes y Trabajos del Instituto Central de Conservación y Restauración* , Madrid, 8 pp.
- VIÑAS, V. (Coord.), 1.977: "Estudio para la elaboración de un repertorio de productos y materiales aplicados a la conservación de documentos gráficos", *Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos*, nº 1, Madrid, p. 20-28.
- VIÑAS, V., 1981: "La conservación de Grabados", *Lápiz*, Madrid, p.251-256
- VIÑAS, V., 1991: *La conservación de Archivos y Bibliotecas Municipales* , "Manual del Alcalde", Banco de Crédito Local, Madrid, 114 pp.

- VIÑAS, V., 1994: "El papel sintético: la otra alternativa", *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las Tintas en la transmisión de información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 65-67.
- VIÑAS, V., 1994: "Algunas reflexiones sobre la conservación del papel y las tintas que conforman el patrimonio documental", *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las Tintas en la transmisión de información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, p. 203-207.
- VIÑAS, V. (e.p): "Los papeles reciclados: Uso y problemas de conservación", *X Jornadas de Archivos Municipales* (El Escorial, junio, 1.994) Comunidad de Madrid/ Ayuntamiento de El Escorial.
- VIÑAS, V. y VIÑAS, R., 1988: *Las técnicas tradicionales de restauración: Un estudio del RAMP con directrices*. Programa General de Información y UNISIT. UNESCO. Paris, 80 pp.
- WEIDNER, M.K., 1967: "Damage and deterioration of Art Paper due to Ignorance and the use of faulty materials.". *Studies in Conservation*, V. 12, N° 1, p. 5-19.
- WEISS TECHNIK, 1990: *Weiss Umwelttechnik GmbH. Simulationsanlagen. Messtechnik.-Operating instructions..* (Manual de características y funcionamiento). Lindenstruth. s.n.
- WILLIAMS, I.C., 1971: *Chemistry of deacidification of paper*,. "Bulletin of the American Group IIC", n° 1, p.
- WILLIAMS, J. 1979: "Paper Permanence: A Step in Addition to Alkalization", *Restaurator*, n° 3, p. 81-91.
- WILLIAMS, J. et al. 1981: "Los catalizadores metálicos en la degradación oxidativa del papel", *Advances in Chemistry Series*, n° 193, American Chemical Society, Washington D.C.
- WILSON, W.K. 1978: "Methods and Tests for the determination to the treatment effects at the paper" en BROMELL and SMITH, *Conservation and Restoration of Pictorial Arts*. Butterworths, London. pp.210-216.

- WILSON, W.K. y PARKS, E.J.** 1979: "An analysis of the aging of paper. Possible reactions and their effects on measurable properties". *Restaurator* nº 3. p. 37-61.
- WILSON, W.K. y PARKS, E.J.** 1980: "Comparison of accelerated aging of book papers in 1937 with 36 years natural ageing ", *Restaurator*, nº 4. p. 1-55.
- WILSON, W.K. y PARKS, E.J.** 1983: "Historical survey of Research at the National Bureau of Standards on material for archival records". *Restaurator* nº 5. p. 191-241.
- WINGER & SMITH**, 1970: *Deterioration and preservation of library material*, The University of Chicago Press.: 34 Conference of the Graduate Library School, Chicago. 200 pp.
- ✓ **WOOD, M.**, 1988: *Prevención y tratamiento del moho en las colecciones de bibliotecas, con particular referencia a las que padecen climas tropicales: Un estudio del RAMP*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París. 57 pp.
- ✓ **XUCLA, A.**, 1982: "Futuro de la industria celulósica", *Investigación y Técnica del papel*, nº 74, Tomo XIX, Asociación de Investigación Técnica de la industria Papelera Española, p. 866- 872.
- ✓ **YRAOLAGOITIA, J.M.** 1972: "El sulfato de alumina en la fabricación del papel", *Jornadas Técnicas Papeleras. Sextas Jornadas: "Primeras materias para papel y cartón*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, p. 503-553
- ZAPPALA, A.** 1990: "Proposal of standardization of paper for art editions and current editions destined for conservation" *Conference on book and paper conservation* (4-8 sept/ 1990). Budapest, p. 119-121.
- ZAPPALA, A.**, 1991 a): "An international survey on standardizing art papers and others intended for conservation" , *Restaurator*, 12 (1). Munksgaard-Copenhagen, p. 18-35.
- ZAPPALA, A.** 1991 b): "Problems in standardizing the quality of paper for Permanent Records", *Restaurator*, 12 (3), Munksgaard -Copenhage, p. 137-146.

CATALOGOS/MUESTRARIOS/INFORMACION DEL FABRICANTE

AGUAFUERTE, 1990: *Catálogo 1.990*, Economato de materiales para el grabado, Madrid, 12 pp.

ARSO WIGGINS 1991: *Arches Tradition*, (Muestrario depapeles con páginas informativas). París.

ATLANTIS ... s.a.: *Fine Art and Archival Suppliers* (Muestrario de papeles), Atlantis Paper Company Limited, Londres.

ARTEPAL 1993: *Información sobre la fabricación del Papel Reciclado Artesano..* (Correspondencia-Murcia) 4 pp.

ARTEPAL 1993: (Muestrario con 5 pp. explicativas). Murcia.

CANSON s. a.: *Canson-France*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, 10 pp.

CANSON s. a.: *Encadrement et Conservation* , Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Catálogo - Muestrario con 9 pp. explicativas).

CANSON s. a.: *Gamme Patrimoine Canson: Papiers et cartons a haute qualité de conservation*. Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Muestrario con p. explicativa).

CANSON s. a.: *La tentación Mi-Teintes*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay. (Políptico 8 pp.)

CANSON 1988: *Patrimonio..* Canson Ibérica, Barcelona, 36 pp. s.n.

CANSON 1988: *Patrimoine* , Papeteries Canson & Montgolfier S.A. Annonay, 34 pp. + anexo (31 pp) s. n.

CANSON 1990: *Conservation-Archivess*. Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay. (Muestrario con 22 pp. explicativas).

- CANSON** 1990: *Edition d'Art*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay. (Políptico con muestrario y pp explicativas)
- CANSON** 1990: *Papiers Japon*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON** 1991: *Aquarelle Arches*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp explicativas)
- CANSON** 1991: *Arts Graphiques*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON** 1991: *Catálogo 1991*, Canson Ibérica S.A., Barcelona, 56 pp.
- CANSON** 1991: *Dessin technique et arts graphiques*. Papeteries Canson & Montgolfier S.A. Annonay. (Políptico con muestrario y pp. explicativas)
- CANSON** 1991: *Films a dessin clears*,. Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON** 1991: *Papiers calque*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON** 1991: *Papier vélin blanc a dessin*, Papeteries Canson & Montgolfier, S.A., Annonay, (Políptico con muestrario y pp. explicativas)
- CANSON** 1991: *Papiers Vergés*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A., Annonay. (Políptico con muestrario y pp. explicativas)
- CANSON** 1992: *Mi-Teintes*, Papeteries Canson & Montgolfier S.A.. Annonay, (Muestrario con 5 pp. explicativas).
- CLAN** s.a.: *Libros y papeles para técnicas artísticas*. (Catálogo). Madrid. 48 pp.
- ESKULAN** 1993: Muestrario con p. esxplicativa. (Correspondencia).
- GUARRO** s.a.: *Dibujo e impresión artística*. Guarro Casas S.A. (Muestrario con 10 pp. explicativas).
- GUARRO** s.a.: *Dibujo Técnico*. Guarro Casas S.A. (Muestrario con 8 pp. explicativas)

GUARRO s.a.: *Guía de Aplicaciones. Papeles Guarro.* Guarro Casas S.A. La Riva. (2pp.).

GUARRO s.a.: *Impresión, Papeles y Cartulinas.* Guarro Casas S.A. (Muestrario con 7 pp. explicativas)

GUARRO s.a.: *Papeles para dibujo técnico.* Guarro Casas S.A. (Muestrario).

GUARRO s.a.: *Papeles y Cartulinas IRIS (Guarro).* Guarro Casas S.A.. (Muestrario con p. explicativa).

MEIRAT s. a.: *Papel hecho a mano - Handmade Paper* Meirat. Madrid, 1 pp.

MEIRAT, s. a.: *Papel hecho a mano MEIRAT*, Meirat, Madrid. (Mestrario con 2 pp. explicativas).

MEIRAT, 1991: *La Tienda de Meirat: Catálogo 1991*, Meirat, Madrid, 232 pp.

MIQUEL Y COSTAS & MIQUEL S.A. s.a.: *Biblioprint Extra.* Barcelona. (Muestrario con pp. explicativas)

PAPERKI 1993: (Muestrario con p. explicativa-Correspondencia).

PAPELERA PENINSULAR S.A., s.a.: *Reciplus, Papel 100% Reciclado.* (Tríptico).

PRODUCTOS DE CONSERVACION S.A. 1992: (Muestrario de papeles) Madrid.

NORMAS CONSULTADAS

AFNOR (Association Française de Normalisation):

AFNOR NF Q 15-013 (Agosto 1993) Information et documentation-Papier pour documents-Prescriptions pour la permanence.

ANSI (American National Standard):

ANSI Z39.48-1984 (27-8-1984) Permanence of paper for printed library materials.

ANSI/NISO Z39.48-1992 (26-10-1992) Permanence of paper for publications and documents in libraries and archives.

ASTM (American Society of Testing Materials):

ASTM D 985-50 (1974) Reflectance of Paper, 45-deg, 0-deg Directional, for Blue Light (Brightness)

ASTM D 3208-86 Manifold Papers for Permanent Records.

ASTM D 3290-86 Bond and Ledger Papers for Permanent Records.

ASTM D 3301-85 (1990) File Folders for Storage of Permanent Records.

ASTM D 3458-85 (1990) Copies from Office Copying Machines for Permanent Records.

ASTM D 3460-92 White Watermarked and Underwatermarked Bond, Mimeosprint, Duplicator, and Xerographic Cut-Sized Office Papers

ASTM D 4988-89 Standard Test Method for Determination of Calcium Carbonate Content of Paper.

ASTM D 4988-92a Determination of Calcium Carbonate Content of Paper.

ASTM E 308-90 Computing the Colors of Objects by Using the CIE System

DIN (Deutsches Institut für Normung):

DIN 6738 (Abril 1992) Papier und Karton, Lebensdauer-Klassen.

Ministero per i Beni Culturali e Ambientali:

Normativa in materia di catoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela. Decreto D.M. 2-9-1983, "Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana" n°.257, p. 7592-7598.

NARA (National Archives and Records Administration):

Specifications for Housing enclosures for Archival Records (20 de Agosto de 1993).
Preservation Information Paper N°. 2. :

- Specification for a Low Lignin Document Storage Box (Junio 1993)
- Specification for a Low Lignin Photograph Storage Box (Enero 1993)
- Specification for a Low Lignin Archives Box (Enero 1991)
- Specifications for an Acid-Free Archives Box (Enero 1991)
- Specifications for Letter and Legal Size Archives Box Spacer Boards (Julio 1991)
- Specifications for Letter and Legal Size Folders (Marzo 1991)
- Specifications for a Low Lignin Microfilm Box (Abril 1991)

NEN (Dutch Standards Institute-NNI):

NEN 2728 (Enero 1993) Permanent houdbaar papier. Esen en Beproevingen metmethoden.

ISO (International Organization for Standardization):

ISO 187:1990 Paper and board-Conditioning of samples.

ISO 536: 1981 Paper and board-Determination of grammage.

ISO 1974: 1990 (E) (3ª edición: 1-2-1990) Paper-Determination of tearing resistance (Elmendorf method)

ISO 4046: 1978 Paper, board, pulp and related terms-Vocabulary.

ISO 5127-1:1983 Information and documentation-Vocabulary-Part 1: Basic concepts.

ISO 5630/3: 1985 Paper and board. Accelerated ageing. Part 3: Moist heat treatment at 80°C and 65% relative humidity.

ISO/DIS 9706 (1992) Information and documentation-Paper for documents-Requirements for permanence.

ISO 9706: 1994 (1ª edición: 1-3-1994) Information and documentation-Paper for documents-Requirements for permanence.

ISO/CD 11108 (24-1-1994) Information and documentation-Archival papers-Requirements for permanence and durability.

UNE (Asociación Española de Normalización y Certificación-AENOR):

UNE 1 056 (Febrero 1952) Norma de calidad para fichas con destino a bibliotecas.

UNE 57 001 86 1R (Julio 1986) Papel y cartón. Acondicionamiento de muestras.

UNE 57 002 88 1R (Octubre 1988) Papel y cartón. Toma de muestras de un lote para determinar la calidad media.

UNE 57 003 78 (1) (Mayo 1978) Terminología papelera. Definición de términos. Proyecto de Norma UNE 57 003 (Enero 1988) Pastas, papel y cartón, Terminología. Parte 1.

UNE 57 005 90 (1R) (Enero 1990) Papel y carton. Determinación del contenido de humedad. Método de secado en estufa.

UNE 57 009 70 (Abril 1970) Papel y cartón. Gramajes.

UNE 57 010 78 (Julio 1978) Papel. Formas de expresar las dimensiones y sentido de fabricación de los papeles para impresión y escritura.

UNE 57 017 74 (Junio 1977) Papel y cartón. Determinación del gramaje.

UNE 57 016 90 1R (Abril 1990) Pastas. Determinación del contenido de materia seca.

Propuesta de Norma UNE 57 021 (Julio 1987) Pastas, papel y carton. Determinación de la composición fibrosa. Parte 1: Método general.

Propuesta de Norma UNE 57 021 (Julio 1987) Parte 3: Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 3: Teñido con el reactivo de Herzberg.

UNE 57 021 92 (Febrero 1992) Papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 2: Sistemas de teñidos de fibras.

- UNE 57 031 71 (Enero 1971) Pastas para papel, papel y cartón. Preparación de extractos acuosos.
- UNE 57 032 91 1R ((Junio 1991) Pastas, papel y cartón. Determinación del pH de extractos acuosos.
- UNE 57 033 86 1R (Septiembre 1986) Papel. Determinación de la resistencia al desgarro.
- UNE 57 034 91 1R (Junio 1991) Pastas. Determinación del Número Kappa.
- UNE 57 036 71 (1) (Enero 1971) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Ingles-Español.
- UNE 57 037 85 (Octubre 1985) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Frances-Español.
- UNE 57 041 71 (Enero 1971) Pastas para papel. Desintegración de pasta mecánica para su análisis.
- UNE 57 043 74 (Julio 1974) Papel. Determinación de la dirección longitudinal.
- UNE 57 048 71 (Febrero 1971) Papel. Papel cartográfico para usos generales.
- UNE 57 056 74 (Septiembre 1974) Papel. Determinación de la cara tela y la cara fieltro.
- UNE 57 062 72 (Octubre 1972) Papel y cartón. Determinación del Factor de Reflectancia el el Azul. (Grado de Blancura UNE).
- UNE 57 064 85 (Octubre 1985) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias. Español-Ingles-Frances-Alemán.
- UNE 57 069 74 (1) (Octubre 1974) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Alemán-Español.

UNE 57 077 88 (Octubre 1988) Papel. Especificaciones de los papeles sin estucar para impresión offset.

UNE 57 082 78 (Junio 1978) Papel. Características de los papeles para los formularios en papel continuo.

UNE 57 084 78 (Abril 1978) Cartón. Clasificación de los diferentes tipos de cartoncillo.

UNE 57 089 74 (Octubre 1974) Pastas para papel. Determinación del grado de deslignificación (Índice Micro-Kappa).

UNE 57 092 91 (4) (Junio 1991) Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 4: Tratamiento con calor húmedo a 80°C y 65% de humedad relativa.

UNE 57 123 86 (Noviembre 1986) Papel. Especificaciones de los papeles en bobina para impresión en huecogrado.

UNE 57 126 82 (Noviembre 1982) Papeles de recuperación. Calidades normalizadas.

UNE 57 127 83 (Febrero 1983) Papeles de recuperación. Usos comerciales.

UNE 57 135 86 (Diciembre 1986) Pastas, papel y cartón. Métodos de ensayo. Unidades recomendadas.

Apéndices

APENDICE 1

ORGANISMOS DE NORMALIZACION : DIRECCIONES
(según áreas geográficas y por orden alfabético)

Alemania:

BAM:

-Herstellung von Urschriften notarieller Urkunden gemäss 26 Abs. 3 Satz 2 an Dienstourdnung für Notare und Herstellung von Ausfertigungen und beglaubigten Abschriften. BAM, Berlín. Alemania.

DIN:

- Deutsches Institut für Normung (D.I.N.). Allenverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstrasse 6, 1000 Berlín 30. Deutschland.

Austria:

- Österreichisches Normungsinstitut, 1021 Wien. Austria.

Canadá:

-Canadian Government Publising Centre. Supply and Services. Ottawa. Ontario. Canada. K1A S9.

Dinamarca:

-Dansk Standariseringsraad. Aurehojvej 12. Postbox 77. DK 2900 Hellerup. Dinamarca.

Estados Unidos de América:

ANSI:

-American National Standards Institute. 1430 Broadway. New York, NY 10018. Fono 212/354-3300. EE.UU.

ASTM:

-American Society for Testing and Materials. 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103-1187 USA (215-299-5585, 215-299-5400. Fax 215-977-9679)

-Oficina europea de ASTM: ASTM European Office. 27-29 Knowl Piece. Wilbury Way. Hitchin, Herts SG4 0SX. England. Tel 0462-437933. Fax: 042-433678.

NISO:

-National Information Standards Organization P.O. Box 1056. Bethesda, MD 20817. Fono 302/975-2814. Fax 301/975-2128.

-Transaction Publisher Dpto NISO Standards, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903. EE.UU. Fono 201/932-2280.

JPC:

-Joint Committee on Printing (JPC). Senate Hart Office Bldg., Rm. SH-818. Washington, D.C. 20510. Fono 202/224-5241.

Especificaciones disponibles en Superintendent of Documents. U.S. Government Printing Office. Washington. DC 20402. EE.UU.

CLR:

Council on Library Resources. 1785 Massachusetts Ave. NW. Suite 313. Washington D.C. 20036. EE. UU.

Europa:

CEN:

Comité Europeo de Normalización. Central Secretariat. Rue de Stassart 36 B-1050. Bruselas. Fono 32 25196811. Fax 32 25196819

España

AENOR:

Asociación Española de Normalización y Certificación. C/ Fernandez de la Hoz 52. 28010 Madrid. España. Fono 4104851. Fax 4104976. Telex 46545-Unor-E.

Finlandia:

SFS:

- Suomen Standardisoimisliitto, P.O.Box 205. SF 00121 Helsinki. Finlandia.

- Finnish Standards Association (SFS), P.O.Box 116. SI-00241. Helsinki. Fono 3580149931. Fax 35801464925. Telex 122303 stand sf.

- Technical Research Centre. Graphics Arts Laboratory. Tekniikantie 3. SF-02150 ESPOO, Finlandia.

Francia:

AFNOR:

-Association Française de Normalisation. Tour Europe. Cedex 7. 92080 Paris-La Defense. France.

India:

- Indian Standards Institution: Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah ZZafar Marg. New Delhi 110002. India.

Internacional:

ISO:

-International Organization for Standartization . 1, rue de Varembe. Case Postale 56. CH-1211 Geneva 20. Suiza. Fono 41227490111. Fax 41227333436. Telex 412205 ISO ch.

Sede ISO/TC46/SC10/WG1:

- The American Paper Institute, 260 Madison Ave., New York, NY 10016 (212/340-0600) [Coor. SC10 Rolf Dahl; Coord. WG1 Peter Olof]

Italia:

UNI:

-Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Vias Battistotti Sassi, 11/B 20133 Milano. Fono 02/700291. Fax 02/70106106.

Países Bajos:

NNI.:

-Nederlands Normatisatie Instituut. Kalfjeslaam 2, Prosbuis 5059, 2600 GB Delft. The Netherlands. Fono (015)690390. Fax (015)690190.

CRL:

-Central Research Laboratory for Objects of Art and Science. P.O.Box 75132, 1070 AC Amsterdam, The Netherlands.

Pakistán:

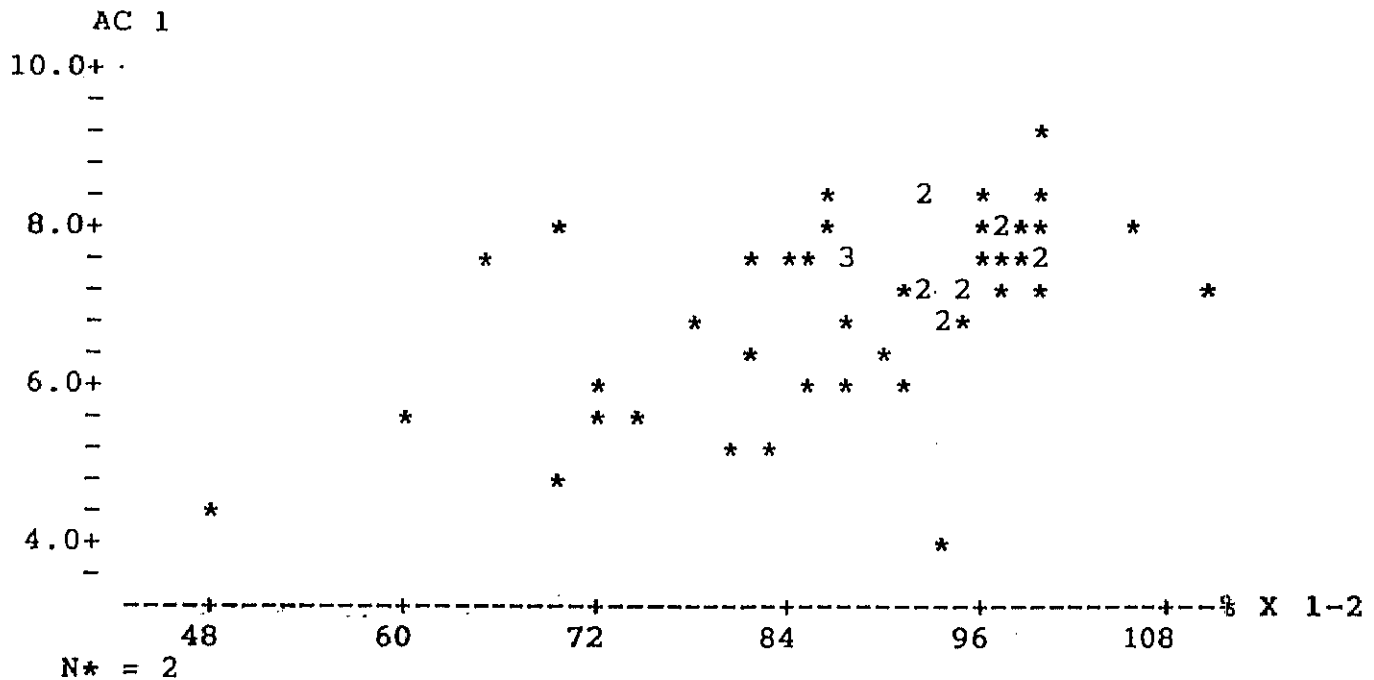
-Pakistan Standards Institution: Garden Road. Saddar. Karachi 3. Pakistan.

Reino Unido:

-British Standards Institution. Lindford Wood. Milton Keynes. MQ14 6LE. Reino Unido.

APENDICE 2 - DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

Resistencia al desgarro tras envejecimiento (%X1-2) / Acidez inicial (AC1)



The regression equation is
 $\% X 1-2 = 45.3 + 6.12 AC 1$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	45.275	8.798	5.15	0.000
AC 1	6.121	1.228	4.98	0.000

s = 9.843 R-sq = 32.7% R-sq(adj) = 31.4%

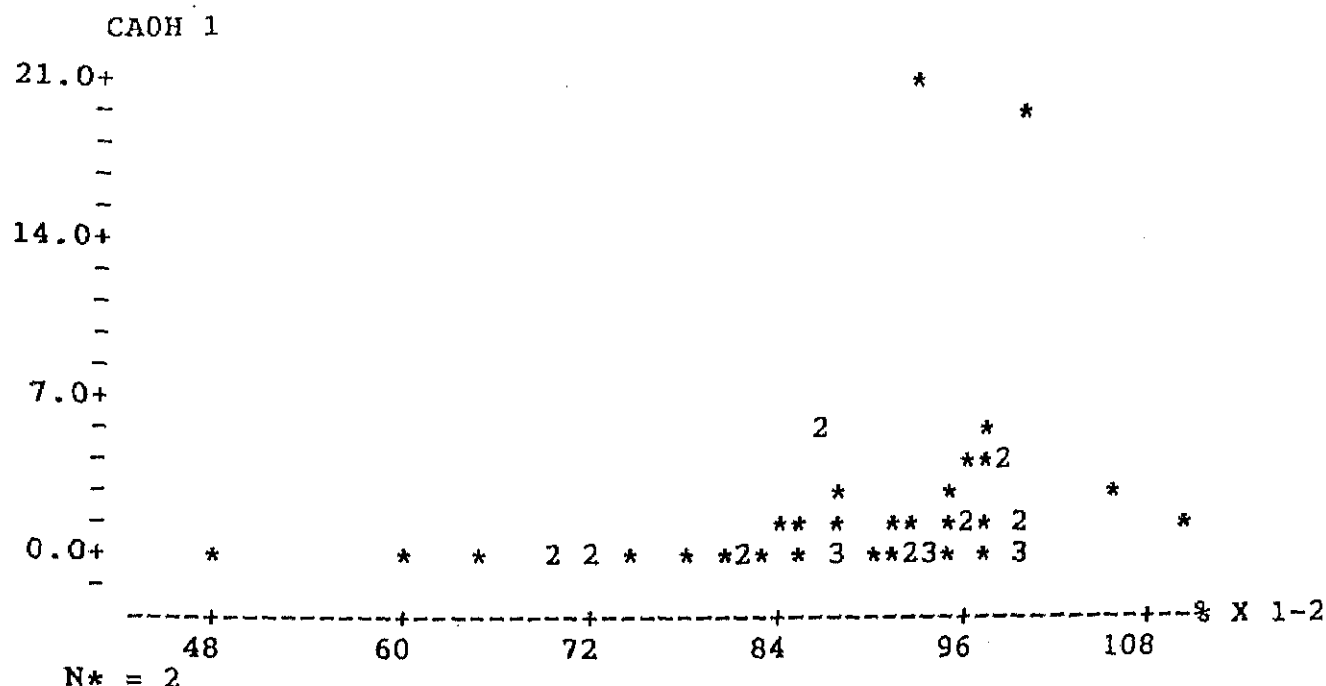
Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	2405.7	2405.7	24.83	0.000
Error	51	4940.8	96.9		
Total	52	7346.4			

Unusual Observations

Obs.	AC 1	% X 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
2	7.50	64.82	91.18	1.45	-26.37	-2.71R
20	7.90	69.88	93.63	1.69	-23.75	-2.45R
41	4.60	47.79	73.43	3.33	-25.64	-2.77RX

Resistencia al desgarro tras envejecimiento(%X1-2) / Reserva alcalina (Ca1)



The regression equation is
 $\% X 1-2 = 87.2 + 0.758 \text{ CAOH } 1$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	P
Constant	87.224	1.757	49.64	0.000
CAOH 1	0.7579	0.4075	1.86	0.069

s = 11.61 R-sq = 6.4% R-sq(adj) = 4.5%

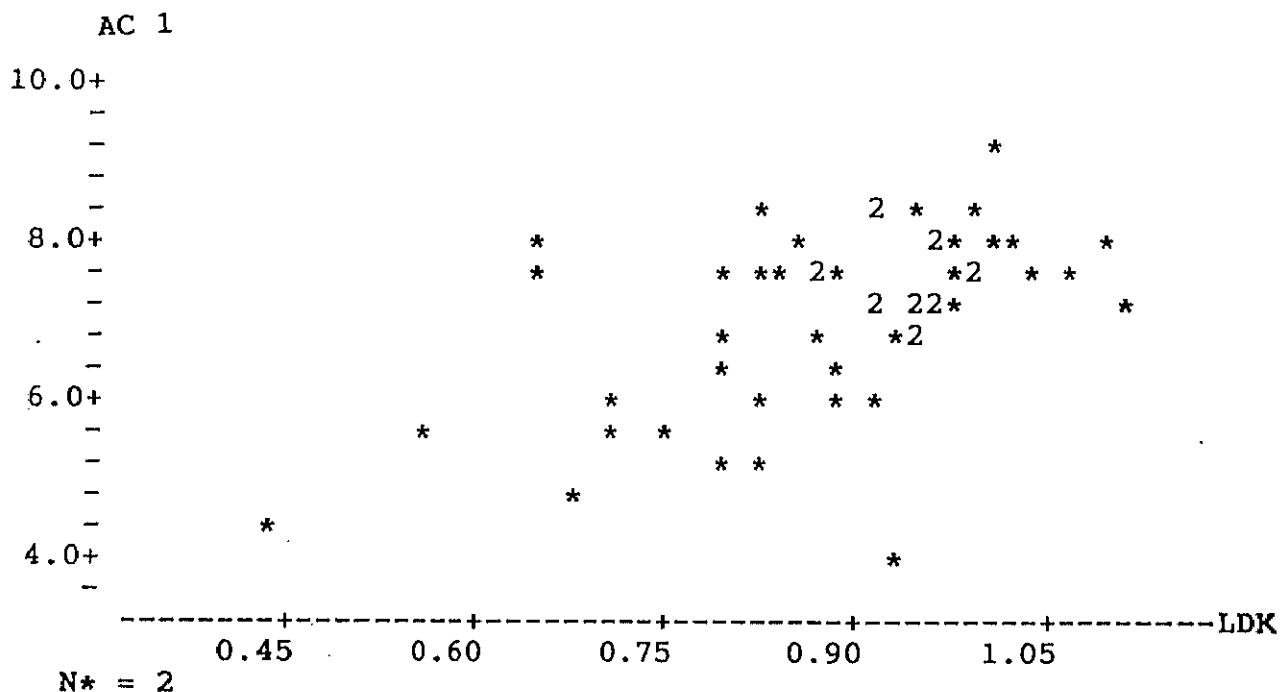
Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	466.6	466.6	3.46	0.069
Error	51	6879.8	134.9		
Total	52	7346.4			

Unusual Observations

Obs.	CAOH 1	% X 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
7	0.2	60.19	87.38	1.72	-27.19	-2.37R
36	19.0	99.77	101.62	7.19	-1.85	-0.20 X
41	-0.3	47.79	87.00	1.81	-39.20	-3.42R

Factor de duración de vida en el desgarró (LDK) / Acidez inicial (AC1)



The regression equation is
 $LDK = 0.411 + 0.0666 AC\ 1$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	0.41139	0.09902	4.15	0.000
AC 1	0.06661	0.01383	4.82	0.000

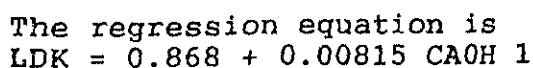
s = 0.1108 R-sq = 31.3% R-sq(adj) = 29.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	0.28493	0.28493	23.22	0.000
Error	51	0.62595	0.01227		
Total	52	0.91088			

Unusual Observations

Obs.	AC 1	LDK	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
2	7.50	0.6400	0.9110	0.0163	-0.2710	-2.47R
7	5.50	0.5600	0.7778	0.0266	-0.2178	-2.02R
20	7.90	0.6500	0.9376	0.0190	-0.2876	-2.64R

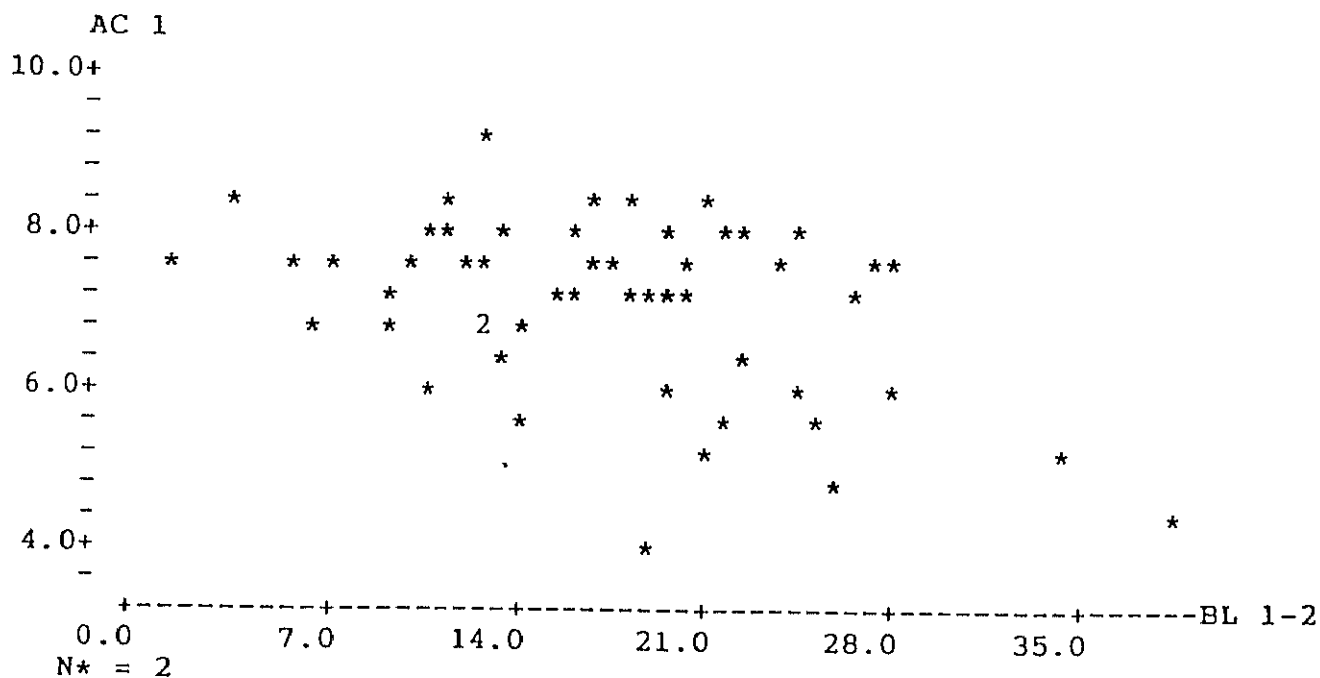


Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	P
Constant	0.86810	0.01961	44.26	0.000
CAOH 1	0.008147	0.004548	1.79	0.079

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.05392	0.05392	3.21	0.079
Error	51	0.85696	0.01680		
Total	52	0.91088			

Obs.	CAOH 1	LDK	Fit	Stdev. Fit	Residual	St. Resid
7	0.2	0.5600	0.8697	0.0192	-0.3097	-2.42R
36	19.0	1.0100	1.0229	0.0802	-0.0129	-0.13 X
41	-0.3	0.4300	0.8657	0.0202	-0.4357	-3.40R

Reversión de blancura (BL 1-2) / Acidez inicial (Ac 1)



The regression equation is
 BL 1-2 = 37.6 - 2.86 AC 1

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	37.593	6.104	6.16	0.000
AC 1	-2.8557	0.8522	-3.35	0.002

s = 6.829 R-sq = 18.0% R-sq(adj) = 16.4%

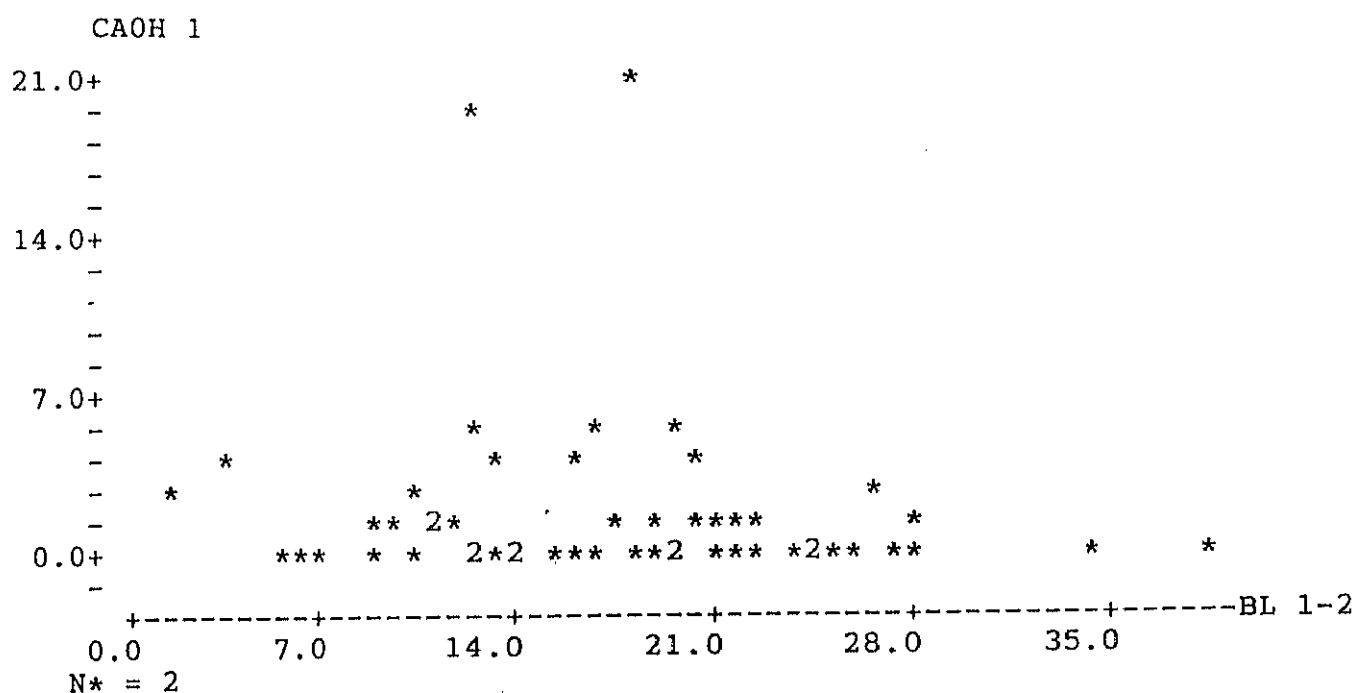
Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	523.66	523.66	11.23	0.002
Error	51	2378.60	46.64		
Total	52	2902.26			

Unusual Observations

Obs.	AC 1	BL 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
41	4.60	38.230	24.456	2.310	13.774	2.14RX
44	7.60	1.350	15.889	1.038	-14.539	-2.15R
45	4.20	19.100	25.599	2.626	-6.499	-1.03 X

Reversión de blancura (BL 1-2) / Reserva alcalina (Ca 1)



The regression equation is
 $BL\ 1-2 = 17.8 - 0.253\ CAOH\ 1$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	P
Constant	17.839	1.131	15.77	0.000
CAOH 1	-0.2532	0.2623	-0.97	0.339

s = 7.476 R-sq = 1.8% R-sq(adj) = 0.0%

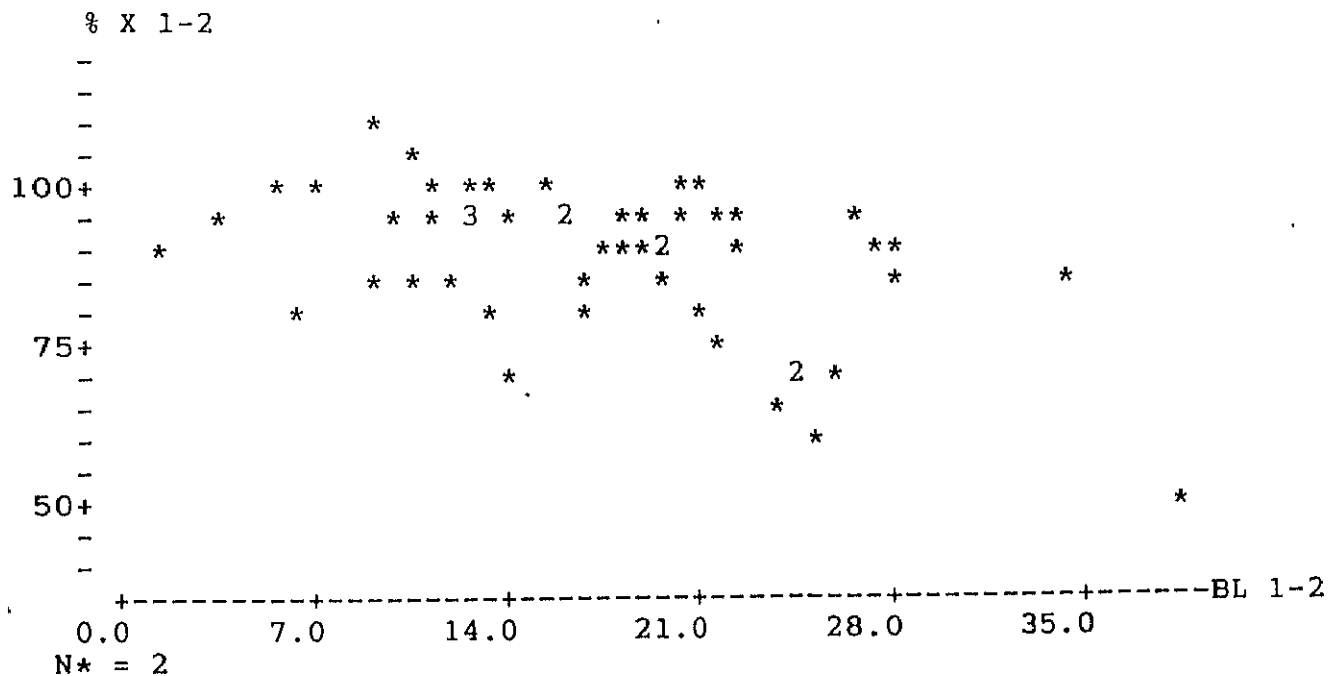
Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	52.06	52.06	0.93	0.339
Error	51	2850.20	55.89		
Total	52	2902.26			

Unusual Observations

Obs.	CAOH 1	BL 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
31	-0.1	33.97	17.86	1.14	16.11	2.18R
36	19.0	12.63	13.03	4.63	-0.40	-0.07 X
41	-0.3	38.23	17.92	1.17	20.31	2.75R

Reversión de blancura (BL 1-2) / Pérdida de resistencia al desgarro (%X 1-2)



The regression equation is
 $BL\ 1-2 = 46.3 - 0.327\ \%X\ 1-2$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	46.340	6.719	6.90	0.000
% X 1-2	-0.32686	0.07518	-4.35	0.000

s = 6.443 R-sq = 27.0% R-sq(adj) = 25.6%

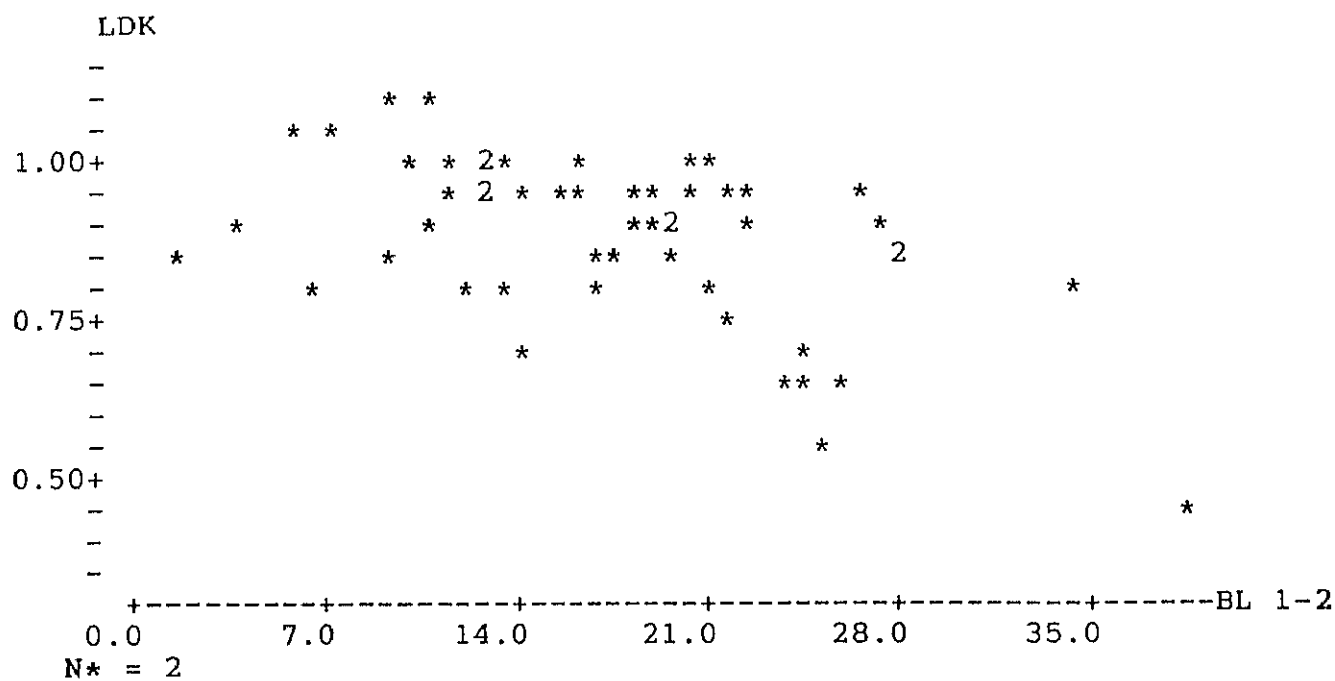
Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	784.88	784.88	18.90	0.000
Error	51	2117.38	41.52		
Total	52	2902.26			

Unusual Observations

Obs.	% X 1-2	BL 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
7	60	25.260	26.666	2.311	-1.406	-0.23 X
31	83	33.970	19.148	0.974	14.822	2.33R
41	48	38.230	30.718	3.192	7.512	1.34 X

Reversión de blancura (BL1-2)/Factor de duración de vida en el desgarró(LDK)



The regression equation is

$$BL\ 1-2 = 44.5 - 30.7\ LDK$$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	44.479	5.920	7.51	0.000
LDK	-30.693	6.634	-4.63	0.000

s = 6.331 R-sq = 29.6% R-sq(adj) = 28.2%

Analysis of Variance

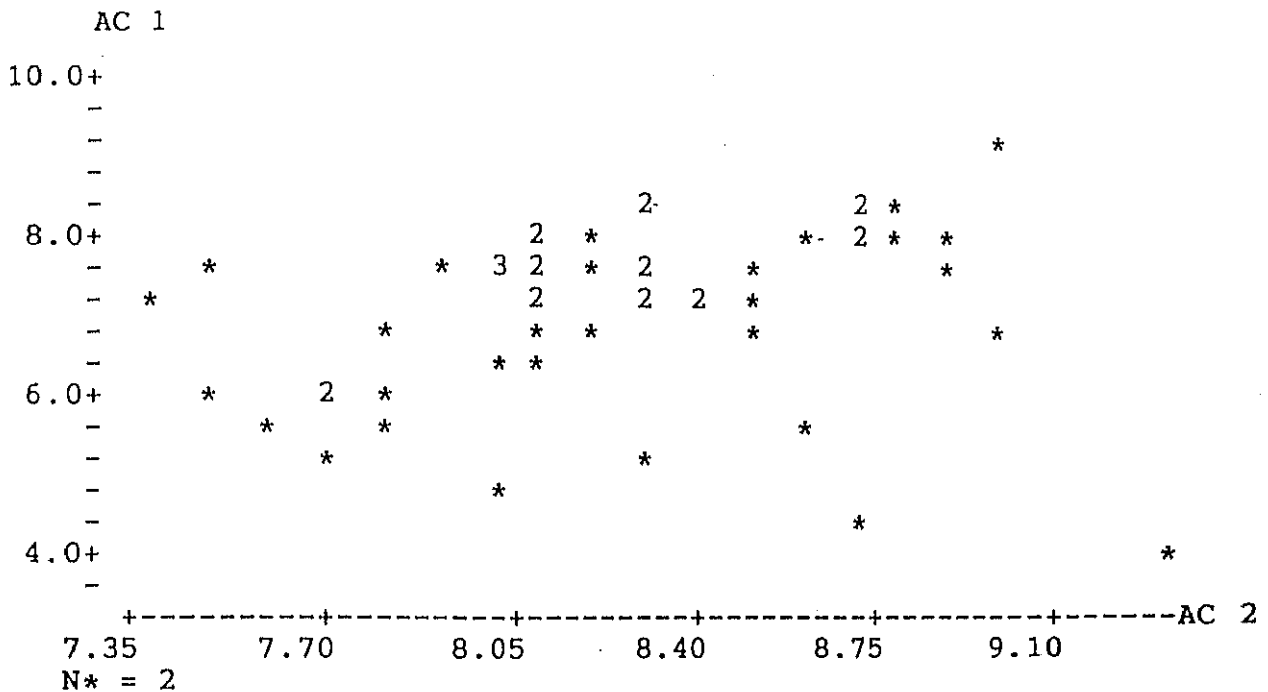
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	858.10	858.10	21.41	0.000
Error	51	2044.16	40.08		
Total	52	2902.26			

Unusual Observations

Obs.	LDK	BL 1-2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
7	0.56	25.260	27.291	2.311	-2.031	-0.34 X
31	0.82	33.970	19.310	0.964	14.660	2.34R
41	0.43	38.230	31.281	3.127	6.949	1.26 X

CONTINUE?

pH tras la desacidificación (Ac 2) / Acidez inicial (Ac 1)



The regression equation is
 $AC\ 2 = 7.56 + 0.0981\ AC\ 1$

53 cases used 2 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	P
Constant	7.5625	0.3749	20.17	0.000
AC 1	0.09808	0.05234	1.87	0.067

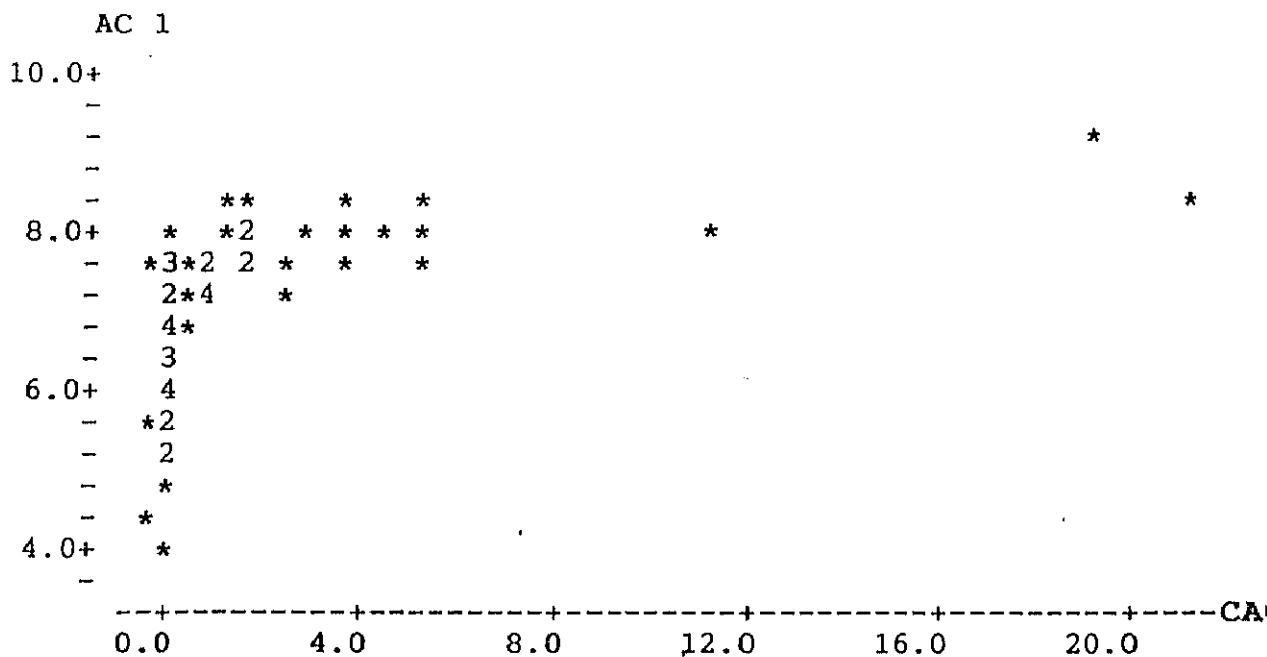
$s = 0.4194$ $R\text{-sq} = 6.4\%$ $R\text{-sq}(\text{adj}) = 4.6\%$

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.6177	0.6177	3.51	0.067
Error	51	8.9725	0.1759		
Total	52	9.5902			

Unusual Observations

Obs.	AC 1	AC 2	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
26	7.00	7.4000	8.2490	0.0578	-0.8490	-2.04R
41	4.60	8.7000	8.0136	0.1419	0.6864	1.74 X
45	4.20	9.3000	7.9744	0.1613	1.3256	3.42RX

Reserva alcalina (Ca 1) / Acidez inicial (Ac 1)

The regression equation is
CAOH 1 = - 12.0 + 1.97 AC 1

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	-12.025	3.085	-3.90	0.000
AC 1	1.9729	0.4306	4.58	0.000

s = 3.489 R-sq = 28.4% R-sq(adj) = 27.0%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	255.61	255.61	20.99	0.000
Error	53	645.27	12.17		
Total	54	900.88			

Unusual Observations

Obs.	AC 1	CAOH 1	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
36	9.40	19.000	6.521	1.104	12.479	3.777
41	4.60	-0.300	-2.949	1.167	2.649	0.81
45	4.20	-0.100	-3.738	1.326	3.638	1.13
47	8.50	21.000	4.745	0.771	16.255	4.78
49	8.00	11.100	3.759	0.615	7.341	2.14

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE ILUSTRACIONES

Láminas

Lam. I: Taller de estampación japonés. Kunisada (Kanada, portada).....	1
Lam. II: Detalle Lam. I: artista tomándose un descanso (Kanada, p.36)	24
Lam.III: Encolado. Utamaro (Kanada, p.39)	60
Lam.IV: Preparación de estampa xilográfica. Utamoro (Kanada, p. 28)	192
Lam. V: Comercio de estampas. Yoshiiku. (Kanada, p. 78).....	224
Lam.VI: Compradores examinando xilograffias (Kanada, p. 26)	338
Lam.VII: Taller de estampación japonés. Toshiichi (Kanada, p.6).....	390
Lam.VIII: Detalle de I: Talla de la madera y encolado del papel (Kanada, p.8)	524
Lam.IX: Impresores de estampas japonesas. Utamoro. (Kanada, p.43).....	594
Lam. X: "Young Girl in a Summer Shower" Harunobu (Kanada, p.15)	

Figuras

Fig. 1: Artesanos de papel oriental: encolado y formación de la hoja (Kanada, p.22)	5
Fig. 2: Fabricación tradicional del papel en China: Corte de renuevos de bambú y remojo en agua. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Kraemer, 1966, p. 28-32)	66
Fig. 3: Cocción de tallos de bambú en mezcla de agua y cal (Id, Ibídem).....	66
Fig. 4: Extracción de la tina de una hoja con formadora flexible (Id, Ibídem)	66
Fig. 5: Prensado de hojas (Id, Ibídem).....	66
Fig. 6: Secado de la hoja en muro hueco caliente (Id, Ibídem).....	66
Fig. 7: Formadora con marco	67

Fig. 8: Formación, ponado y prensado de la hoja (Martínez, p. 38)	76
Fig. 9: Mirador (Diderot y D'Alambert, pl.XII).....	78
Fig. 10: Encolado (Diderot y D'Alambert, pl. XI)	79
Fig. 11: Mazo Satinador (Fot. tomada del Museo Moino Papelero de Capellades).....	81
Fig. 12: Contadoras, acabado y prensado final (Diderot y D'Alamber, pl. XIII)	83
Fig. 13: Máquina de Robert (Keim, 1966, p. 120).....	87
Fig. 14: Máquina Donkin (Keim, 1966, p. 125).....	89
Fig. 15: Máquina Redonda (Keim, 1966, p. 127).....	90
Fig. 16: Esquema de máquina de papel (Smook, p. 253).....	92
Fig. 17: Filigrana del rodillo desgotor (Keim, 1966, L.XIV).....	94
Fig. 18: Calandrado (Escuela Gráfica Salesiana, p. 29)	97
Fig. 19: Sistema Massey (Keim, 1966, p.205).....	100
Fig. 20: Estucado (Escuela Gráfica Salesiana, p.29).....	102
Fig. 21: Sentido de fabricación (Keim, 1966, p. 509).....	105
Fig.22: Marca de verjura con acumulación de pasta entre los corondeles (Fot. con iluminación transmitida).....	109
Fig. 23: Dirección de fibras-desgarro (Escuela Gráfica Salesiana, p. 47)	110
Fig. 24: Dirección de fibras-estiramiento (Keim, 1966, p. 512)	110
Fig. 25: Dirección de fibras-inclinación (Keim, 1966, p. 512)	110
Fig. 26: Dirección de fibras-dilatación (Keim, 1966, p. 511)	111
Fig. 27: Polímero de la celulosa (Kraemer, 1973, L.1).....	116
Fig.28: Estructura microscópica y submicroscópica de la celulosa (según Bruley) (Smook, p.5).....	117

Fig. 29: Organización de la pared celular (Smook, p. 12).....	118
Fig. 30: Niveles de enlaces hidrógeno (Smook, p. 8):.....	119
a) débil, a través de moléculas de agua.	
b) más fuerte a través de una capa de moléculas de agua.	
c) directamente	
Fig. 31: Escogedoras (Diderot y D'Alambert, pl. I bis).....	130
Fig. 32: Batanes del Museo Molino Papelero de Capellades.....	133
Fig. 33: Pila holandesa (Escuela Gráfica Salesiana, p. 74)	134
Fig.34: Proceso moderno de fabricación de la pasta de trapos (Keim, 1966, p.61)	138
Fig. 35: Estados de refino de la pasta de papel (Keim, 1966, p. 256)	142
A- Refinación "grasa", de fibras cortas	
B- Refinación "grasa" de fibras largas	
C- Refinación "magra" de fibras cortas	
D- Refinación "magra" de fibras largas	
Fig. 36: Desfibrador de cámaras (Escuela Gráfica Salesiana, p. 76)	149
Fig. 37: Desfibrador de cadenas (Escuela Gráfica Salesiana, p. 76)	149
Fig. 38: Proceso de fabricación de la celulosa de paja y de madera según el procedimiento a la sosa o al sulfato (Keim, 1966, p. 95)	156
Fig. 39: Fabricación de la celulosa de madera según el procedimiento al bisulfito (Keim, 1966, p. 87).....	160
Fig. 40: Desintegración del papel ácido.....	233
Fig. 41: Amarilleamiento del papel por causas intrínsecas	234
(Fot. gentileza del I.C.R.B.C.)	
Fig. 42: Detalle de papel alterado por oxidación de partículas metálicas	240
Fig. 43: Alteración por oxidación de tinta metaloácida (Verdigrís).....	247
Fig. 44: Reverso de estampa manchada por la oxidación de la tinta de impresión (Fot. gentileza I.C.R.B.C.).....	248
Fig. 45: Alteración causada por oxidación de la cinta autoadhesiva	250
(Fot. gentileza I.C.R.B.C.)	

Fig. 46: Alteraciones causadas por oxidación del barniz, tensiones con el entelado y almacenamiento incorrecto.....	250
Fig. 47: Dilución de pigmentos por limpieza con métodos inadecuados (Fot. cortesía ICRBC).....	251
Fig. 48: Estampa afectada por humedad (Fot. gentileza I.C.R.B.C.).....	252
Fig. 48*: Dibujo a tinta degradado por acidez (Fot. cortesía I.C.R.B.C.)	256
Fig. 49: Dilatación del soporte por exceso de humedad (Fot. gentileza I.C.R.B.C.) ...	265
Fig. 50: Amarilleamiento ocasionado por incorrecta iluminación durante una exposición prolongada. La zona inferior no ha sufrido alteración por quedar protegida (oculta) por otro dibujo (Fot. gentileza I.C.R.B.C.).....	258
Fig. 51: Obscurecimiento del soporte ocasionado por exposición a la luz. Nótese como el perímetro mantiene un tono más claro, al haber estado protegido por el marco). El cambio de tonalidad del papel altera la percepción global de la obra, al resaltar los tonos claros y anular el efecto de las tintas transparentes (Dibujo antes y después de restauración, gentileza I.C.R.B.C.)	264
Fig. 52: Estampa con manchas originadas por pigmentaciones de microorganismos ...	272
Fig. 53: <i>Anobium punctatum</i> (Kraemer, 1973, L. XIV).....	274
Fig. 54: Ataque de anóbidos (Fot. gentileza del I.C.R.B.C.).....	274
Fig. 55: <i>Lepisma</i> (Kraemer, 1973, L. XXXIII).....	275
Fig. 56: Cucaracha (Kraemer, 1973, L. LXLII).....	275
Fig. 57: Termitas: soldado, obrera y reina (Kraemer, 1973, L. XXXV).....	276
Fig. 58: Estampa con manchas ocasionadas por microorganismos..... (Fot. cortesía I.C.R.B.C.)	279
Fig. 59: Estampa con manchas de humedad y descomposición del papel ocasionada por microorganismos (Fot. cortesía del I.C.R.B.C.).....	281
Fig. 60: Detalle de estampa con daños de "foxing"	282
Fig. 61: Dibujo alterado por manchas de "foxing". (Fot. cortesía del I.C.R.B.C.) .	284

Fig. 62: Símbolo identificativo de la permanencia del papel según ANSI/NISO Z39.48 (A) e ISO 9706 (b).....	297
Fig. 63: Estufa con probetas en pesasustancias.....	420
Fig. 64: Desecador y báscula con probetas en pesasustancias.....	422
Fig. 65: Modelo de pH-metro.....	424
Fig. 66: Medida interna por contacto (lápiz indicador).....	427
Fig. 67: Determinación de la reserva alcalina:.....	432
A- Erlenmeyer con muestra en ebullición.	
B- Indicador rojo de metilo.	
C- Agitación (izq.) y valoración/viraje de color (der.)	
Fig 68: Modelo de desgarrómetro	474
Fig. 69: Modelo de espectrofotómetro Elrepho.....	453
Fig. 70: Cámara climática empleada en los ensayos de envejecimiento acelerado	459
Fig. 71: Extracción de muestras del baño de desacidificación	536
Fig. 72: Secado de las muestras mediante oreo.....	536
Fig. 73: Papeles de la muestra on filigranas relativas a su calidad	597
Fig. 74: Montaje y enmarcado de grabados.....	612
Fig. 75: Carpeta "paspartú" para el montaje de grabados.....	612

Cuadros:

Cuadro 1: Antecedentes del papel en el mundo (Kraemer 1973, p. 52).....	63
Cuadro 2: Fibras de papel obtenidas por maceración de material leñoso (Kraemer, 1973, p. 36).....	121
Cuadro 3: Fibras naturales en papel (Kraemer, 1973, p. 28-29).....	125
Cuadro 4: Causas de destrucción de los materiales de archivos y bibliotecas (V. Viñas, 1973, p. 4-5).....	226
Cuadro 5: Causas de degradación de los objetos de museo (Plenderleith, fig. 3).....	244
Cuadro 6: Posibles pasos del catabolismo de la celulosa (Kraemer, 1973, p. 345).....	278
Cuadro 7: Esquema de normativa sobre papel permanente	376/379
Cuadro 8: Repertorio de los papeles de la muestra.....	410

Tablas

Tabla 1: Variaciones de gramaje en papeles fabricados "a mano"	419
Tabla 2: Acidez de las muestras antes y después de la desacidificación.....	541
Tabla 3 : Reserva alcalina de las muestras antes y después de la desacidificación	546
Tabla Comparativa A: Características de las muestras según distintos criterios de permanencia.....	480
Tabla Comparativa B: Características de las muestras tras la desacidificación, según distintos criterios de permanencia.....	552

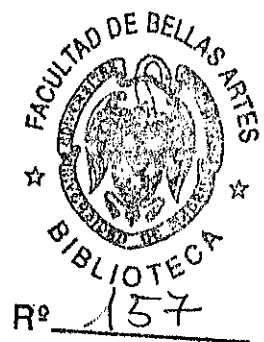
Gráficos

Gráfico 1: Gramaje (gr/m^2) de las muestras.....	418
Gráfico 2: Muestras ordenadas según gramaje, en orden descendente (gr/m^2).....	418
Gráfico 3: Acidez de las muestras (pH) según extracción acuosa en frío / Papeles ácidos según medida interna por contacto.....	426
Gráfico 4: pH según extracción acuosa en frío, en orden descendente.....	426
Gráfico 5: Porcentaje de reserva alcalina.....	434
Gráfico 6: Índice Kappa.....	440
Gráfico 7: Resistencia al desgarro (mN).....	448
Gráfico 8: Media de las resistencias al desgarro en orden descendente.....	448
Gráfico 9: Índice de desgarro (mNm^2).....	450
Gráfico 10: Índice de desgarro en orden descendente según media de ambas direcciones de fibra.....	450
Gráfico 11: Grado de blancura UNE (%).....	454
Gráfico 12: Muestras ordenadas según grado de blancura UNE (%).....	454
Gráfico 13: Resistencia al desgarro (mN) antes y después del envejecimiento, en sentido transversal (con diferencias no significativas).....	462
Gráfico 14: Resistencia al desgarro (mN) antes y después del envejecimiento, en sentido longitudinal (con diferencias no significativas).....	462
Gráfico 15: Resistencia al desgarro (mN) media para ambas direcciones de fibra, antes y después del envejecimiento.....	464
Gráfico 16: Retención de la resistencia al desgarro en sentido transversal (Diferencias no significativas).....	464
Gráfico 17: Retención de la resistencia al desgarro en sentido longitudinal.....	466
Gráfico 18: Porcentaje de retención de la resistencia al desgarro, en orden descendente.....	466
Gráfico 19: Factor de duración de vida según adaptación a DIN 6738 (f_L-D).....	472

Gráfico 20: Factor de duración de vida según adaptación a DIN 6738 (f_L -D), en orden ascendente.....	472
Gráfico 21: Grado de blancura antes (1) y después (2) del envejecimiento.....	474
Gráfico 22: Reversión de blancura ordenada de mayor a menor y porcentaje de retención de blancura.....	476
Gráfico 23: Adecuación de las muestras a distintos criterios de permanencia.....	482
Gráfico 24: Adecuación a las exigencias ISO y ANSI/NISO según componentes.....	86
Gráfico 25: pH antes y después de la desacidificación.....	542
Gráfico 26: Comparación de la reserva alcalina antes y después de la desacidificación.....	544
Gráfico 27: Adecuación a las normas de permanencia antes y después de la desacidificación.....	550
Gráfico 28: Resistencia al desgarrar tras el envejecimiento en los papeles desacidificados.....	556
Gráfico 29: Resultados medios de la resistencia al desgarrar tras el envejecimiento en muestras desacidificadas y sin desacidificar (con diferencias significativas)....	558
Gráfico 30: Porcentaje de variación durante el envejecimiento entre las muestras desacidificadas y sin desacidificar; sentido longitudinal y transversal.....	560
Gráfico 31: Resistencia media de papeles no envejecidos y envejecidos desacidificados.....	564
Gráfico 32: Porcentaje de retención de la resistencia al desgarrar tras el envejecimiento en los papeles desacidificados; sentido longitudinal y transversal.....	564
Gráfico 33: Comparación de resistencia al desgarrar tras el envejecimiento entre los papeles desacidificados (1-3) y sin desacidificar (1-2).....	566
Gráfico 34: Retención de la resistencia al desgarrar tras el envejecimiento.....	568
Gráfico 35: Factor de duración de vida en el desgarrar en las muestras sin desacidificar y desacidificadas.....	570
Gráfico 36: Factor de duración de vida en el desgarrar	572
Gráfico 37: Grado de blancura en papeles envejecidos sin desacidificar y desacidificados.....	574

Gráfico 38: Diferencias de blancura tras el envejecimiento entre los papeles desacidificados y sin desacidificar.....	576
Gráfico 39: Diferencias entre la blancura inicial y la de las muestras envejecidas tras la desacidificación.....	578
Gráfico 40: Reversión de blancura de los papeles desacidificados.....	580
Gráfico 41: Relación entre la reversión de blancura de los papeles desacidificados (1-3) y sin desacidificar (1-2).....	580
Gráfico 42: Reversión de blancura tras el envejecimiento.....	582
Gráfico 43: Grado de blancura inicial (1) comparada con el grado de blancura tras envejecimiento en los papeles desacidificados (3) y sin desacidificar (2).....	584
Gráfico 44: Resistencia al desgarro inicial (1) comparada con la resistencia tras el envejecimiento en los papeles sin desacidificar (2) y desacidificados (3).....	585





A N E X O

LISTADO DE PAPELES ANALIZADOS

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1: Dibujo Lápiz; Guarro | 29: Arches 88; Canson |
| 2: "C" A Grain; Canson | 30: Polyéster; Guarro |
| 3: Ingres Edición; Hannemuelle | 31: Vegetal; Guarro |
| 4: Ingres Bugra; Hannemuelle | 32: Universal; Guarro |
| 5: Ingres Fabriano | 33: Basik; Guarro |
| 6: Ingres Guarro | 34: Marca Mayor; Guarro |
| 7: Torreón Guarro | 35: Cartulina superior; Guarro |
| 8: Mi-Teintes; Canson | 36: Ecológico sin ácido |
| 9: Meirat Velázquez | 37: Whatman Acuarela |
| 10: Acuarela Profesional; Guarro | 38: Diamante |
| 11: Acuarela Disegno 5; Fabriano | 39: Van Ginkel Dibujo |
| 12: Acuarela Montval; Canson | 40: Van Ginkel Lito |
| 13: Acuarela Superior; Guarro | 41: Dosabiki Masashi; Canson |
| 14: Acuarela Arches; Canson | 42: Misumi Blanc; Canson |
| 15: Acuarela Winsor and Newton | 43: Arakaji Natural; Canson |
| 16: Fabriano Artístico | 44: India. Jute grueso |
| 17: Papel a mano "L.R." | 45: Vellum |
| 18: Caballo 109-A | 46: Kraft |
| 19: Geler Satinado; Guarro | 47: Reciclado Dibujo; Tomás Redondo |
| 20: Shoeller Durex | 48: Reciclado Art-Pal |
| 21: Parole Satinado; Zanders | 49: Poliart; Tomás Redondo |
| 22: Creysse; Guarro | 50: Barrera; Canson |
| 23: Biblos; Guarro | 51: Paperki |
| 24: Super Alfa; Guarro | 52: Eskulan |
| 25: Michel | 53: Capellades |
| 26: Velin Cuve BFK Rives; Canson | 54: Segundo Santos |
| 27: Velin Johannot; Arches | 0 : Wahtman Análisis. |
| 28: Velin Arches; Canson | |

NOMBRE: Whatman análisis

MARCA: Whatman

Nº: 0

PRINCIPAL APLICACION: Análisis químicos

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

100% algodón, sin ningún aditivo (ni blanqueantes ni apresto).

ANALISIS

Acidez (pH): 6.4	Desgarro M (mN): 553	Gramaje (%): 91.50
Reserva (%): 0	Desgarro T (mN): 576	Peso seco (%): 95.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 565	Blancura (%): 89.74

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 81.92	f_L-D: 0.8
Retención Desgarro T (%): 81.43	
Retención Desgarro \times (%): 81.67	Reversión Blancura: 13.55

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8	Retención Desgarro M (%): 92.20	f_L-D: 0.91
Reserva (%): 0.3	Retención Desgarro T (%): 95.74	
	Retención Desgarro \times (%): 93.97	Reversión Blancura: 7.99

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un aumento de pl I.

Baja pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación adecua el grado de acidez, pero no aumenta lo suficiente la reserva alcalina; la pérdida de resistencia tras el envejecimiento se hace casi inapreciable y el amarilleamiento se sitúa en el límite de lo aceptable.

NOMBRE: Dibujo Lápiz

MARCA: Guarro

Nº: 1

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz, carbón, cera. Difuminado y grafito.

OTRAS APLICACIONES: Sanguina, acuarela, sepia y vistre

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 160	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco natural	Barbas: 2	Color:
Grano: Superficie regular	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Dureza y resistencia al frotamiento

ANALISIS

Acidez (pH): 8.2	Desgarro M (mN): 1048	Gramaje (%): 157.90
Reserva (%): 4.4	Desgarro T (mN): 1216	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1132	Blancura (%): 85.12

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 99.63	f_L-D: 1
Retención Desgarro T (%): 97.90	
Retención Desgarro \times (%): 98.77	Reversión Blancura: 13.50

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.7	Retención Desgarro M (%): 96.82	f_L-D: 0.97
Reserva (%): 4.8	Retención Desgarro T (%): 95.81	
	Retención Desgarro \times (%): 96.31	Reversión Blancura: 11.61

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado.

Amarilleamiento no excesivo, que se corrige levemente con la desacidificación.

NOMBRE: C" a Grain

MARCA: Canson

Nº: 2

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz, carbón, rotulador y pluma

OTRAS APLICACIONES: Croquis, aguadas, tiza, ceras, tinta y témpera.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 180	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 125, 224
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Fino	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Sin lignina. Doble encolado.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.5	Desgarro M (mN): 1579	Gramaje (%): 220.80
Reserva (%): -0.2	Desgarro T (mN): 1642	Peso seco (%): 95,1
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 1611	Blancura (%): 83.85

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 65.59	f_L-D: 0.64
Retención Desgarro T (%): 64.04	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 64.81	Reversión Blancura: 23.75

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 98.26	f_L-D: 0.98
Reserva (%): 0.6	Retención Desgarro T (%): 98.33	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 98.29	Reversión Blancura: 11.71

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Considerable pérdida de resistencia y alto grado de amarilleamiento tras el envejecimiento acelerado.

La desacidificación consigue una pérdida de resistencia inapreciable y amarilleamiento no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y carbón**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE**ANALISIS**

Acidez (pH): 8.4	Desgarro M (mN): 673	Gramaje (%): 91.40
Reserva (%): 1.6	Desgarro T (mN): 992	Peso seco (%): 94,9
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 833	Blancura (%): 80.44

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 94.87	f_L-D: 0.94
Retención Desgarro T (%): 90.51	
Retención Desgarro \times (%): 92.69	Reversión Blancura: 11.41

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.8	Retención Desgarro M (%): 97.20	f_L-D: 0.97
Reserva (%): 2.2	Retención Desgarro T (%): 99.36	
	Retención Desgarro \times (%): 98.28	Reversión Blancura: 11.50

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina.

Pérdida de resistencia tras el envejecimiento escasa, con amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación convierte al papel en permanente, haciendo imperceptible la pérdida de resistencia.

NOMBRE: Ingres "Bugra"

MARCA: Hahnemuehle

Nº: 4

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y carbón

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: 2	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 8.2	Desgarro M (mN): 1132	Gramaje (%): 128.40
Reserva (%): 1.6	Desgarro T (mN): 1678	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1405	Blancura (%): 80.97

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 101.91	f_L-D: 1.02
Retención Desgarro T (%): 98.01	
Retención Desgarro \times (%): 99.96	Reversión Blancura: 11.47

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.8	Retención Desgarro M (%): 100.34	f_L-D: 1.00
Reserva (%): 2	Retención Desgarro T (%): 96.73	
	Retención Desgarro \times (%): 98.54	Reversión Blancura: 11.64

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina.

Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación lo convierte en permanente según ISO, sin que afecte los resultados de envejecimiento.

NOMBRE: Ingres

MARCA: Fabriano

Nº: 5

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y carbón

OTRAS APLICACIONES: Pastel y acuarela

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 160	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7.7	Desgarro M (mN): 826	Gramaje (%): 156.70
Reserva (%): 0.3	Desgarro T (mN): 1061	Peso seco (%): 95,1
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 944	Blancura (%): 72.44

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 105.21	f_L-D: 1.06
Retención Desgarro T (%): 93.54	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 99.86	Reversión Blancura: 5.41

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.5	Retención Desgarro M (%): 98.58	f_L-D: 0.98
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 93.16	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 95.87	Reversión Blancura: 5.27

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO por carecer de suficiente reserva alcalina.
Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, escaso amarilleamiento.
La desacidificación aumenta ligeramente la reserva alcalina, sin afectar al resto de resultados.

NOMBRE: Ingres

MARCA: Guarro

Nº: 6

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y carbón.

OTRAS APLICACIONES: Sanguina, ceras, pastel, vistre y sepia.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 108	Verjura: Si	Gramaje (g/m²): 100
Color: Blanco	Barbas: 2	Color: 10 colores
Grano: Superficie áspera y regular	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado en prensa (size-press). Dureza y resistencia al frotamiento.

ANALISIS

Acidez (pH): 8	Desgarro M (mN): 844	Gramaje (%): 107.50
Reserva (%): 5.3	Desgarro T (mN): 961	Peso seco (%): 94,9
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 902	Blancura (%): 87.27

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 86.62	f_L-D: 0.86
Retención Desgarro T (%): 86.28	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 86.45	Reversión Blancura: 19.91

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.6	Retención Desgarro M (%): 81.97	f_L-D: 0.81
Reserva (%): 5.8	Retención Desgarro T (%): 84.97	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 83.47	Reversión Blancura: 16.66

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento, sin que este deje de ser elevado.

NOMBRE: Torreón

MARCA: Guarro

Nº: 7

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y carbón

OTRAS APLICACIONES: Impresión

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 90	Verjura: Si	Gramaje (g/m²): 75, 180
Color: Blanco	Barbas: No	Color: 9 colores
Grano: Alisado	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Colores sólidos a la luz.

ANALISIS

Acidez (pH): 5.5	Desgarro M (mN): 789	Gramaje (%): 91.80
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): 838	Peso seco (%): 94,7
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 813	Blancura (%): 84.92

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 58.70	f_L-D: 0.56
Retención Desgarro T (%): 61.68	
Retención Desgarro \times (%): 60.19	Reversión Blancura: 25.26

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.6	Retención Desgarro M (%): 94.72	f_L-D: 0.94
Reserva (%): 0.9	Retención Desgarro T (%): 94.14	
	Retención Desgarro \times (%): 94.43	Reversión Blancura: 11.90

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por su elevada acidez y consiguiente escasa reserva alcalina.

Gran pérdida de resistencia al desgarro y excesivo amarilleamiento tras el envejecimiento acelerado.

La desacidificación mejora considerablemente sus características, aunque no se alcanza la suficiente reserva alcalina la pérdida de resistencia pasa a ser escasa y el amarilleamiento no excesivo.

NOMBRE: Mi-Teintes

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 8

PRINCIPAL APLICACION: Pastel, sanguina, lapiz, tiza y carbón.

OTRAS APLICACIONES: Acuarela, asguadas, acrílico, serigrafía y témpera.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 160	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color: 50 colores
Grano: Grano ligero	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Buena conservación: libre de ácido, reserva alcalina (pH 8.5), 65% trapo (algodón). Gelatinado, sin blanqueadores, con fungicidas y resistente a la luz. Coloreado en pasta.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.8	Desgarro M (mN): 1114	Gramaje (%): 160.80
Reserva (%): 1.4	Desgarro T (mN): 1268	Peso seco (%): 94,6
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1191	Blancura (%): 84.58

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 96.30	f_L-D: 0.96
Retención Desgarro T (%): 97.52	
Retención Desgarro \times (%): 96.91	Reversión Blancura: 21.54

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.2	Retención Desgarro M (%): 92.43	f_L-D: 0.91
Reserva (%): 1.9	Retención Desgarro T (%): 96.43	
	Retención Desgarro \times (%): 93.82	Reversión Blancura: 15.40

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina.

Inapreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación lo convierte en permanente, según ISO 9706, y disminuye el amarilleamiento.

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela, acrílico, lapiz, cera, oleo, tipografía y grabados.

OTRAS APLICACIONES: Serigrafía, carbón y pastel.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 150	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 300, 600 y 1000
Color: Blanco	Barbas: 4	Color: 5 colores
Grano: Liso	Filigrana: Si	Grano: Rugoso
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Buena conservación: libre de ácido, 100% trapo (lino), apresto neutro en masa, tintes sólidos.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.1	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 153.30
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94,7
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1964	Blancura (%): 84.80

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.97
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 96.76	Reversión Blancura: 16.41

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.94
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 94.52	Reversión Blancura: 13.36

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina, y a falta de un ligero aumento de pH. Imperceptible pérdida de resistencia tras el envejecimiento, pero alto amarilleamiento.

La desacidificación no eleva suficientemente la reserva alcalina, pero disminuye el amarilleamiento, que pasa a ser no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela y témpera.

OTRAS APLICACIONES: Rotulador y acrílico.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 240	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 350
Color: Blanco	Barbas: 2	Color:
Grano: Grueso	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido. Buen encolado interior y exterior (size-press), buena absorción. No altera los colores, conserva la nitidez y luminosidad.

ANALISIS

Acidez (pH): 8.1	Desgarro M (mN): 1921	Gramaje (%): 243.00
Reserva (%): 1.6	Desgarro T (mN): 2247	Peso seco (%): 94,7
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 2084	Blancura (%): 94.10

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 96.32	f_L-D: 0.96
Retención Desgarro T (%): 98.86	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 97.59	Reversión Blancura: 22.44

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 104.90	f_L-D: 1.05
Reserva (%): 2.1	Retención Desgarro T (%): 99.91	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 102.41	Reversión Blancura: 19.01

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.
Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.
La desacidificación lo convierte en permanente, disminuyendo un poco el amarilleamiento.

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela, dibujo y pintura.**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²): 300	Verjura: No	Gramaje (g/m ²): 200 y 250
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Fino	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido, 50% trapo (algodón).

ANALISIS

Acidez (pH): 7.5	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 334.10
Reserva (%): 3.5	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94,9
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2351	Blancura (%): 86.70

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L -D: 0.98
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 98.00	Reversión Blancura: 20.10

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): ---	f_L -D: 0.97
Reserva (%): 3.9	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 96.83	Reversión Blancura: 18.84

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Imperceptible pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación disminuye muy ligeramente el amarilleamiento, sin que deje de ser alto.

NOMBRE: Acuarela Montval

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 12

PRINCIPAL APLICACION: Aguadas, acuarela, témpera y acrílico.

OTRAS APLICACIONES: Técnicas en húmedo.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 300	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 185
Color: Blanco natural	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana:	Grano:
Papel continuo	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Buena conservación: Libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), pasta química blanqueada, sin lignina, sin blanqueantes, con fungicida, resistente a la luz, no amarillea. Fabricado en medio neutro, alta duración.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.7	Desgarro M (mN): 2676	Gramaje (%): 300.90
Reserva (%): 5.3	Desgarro T (mN): 3292	Peso seco (%): 94,7
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2984	Blancura (%): 85.42

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 98.68	f_L-D: 0.99
Retención Desgarro T (%): 96.07	
Retención Desgarro \times (%): 97.37	Reversión Blancura: 12.85

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 96.77	f_L-D: 0.97
Reserva (%): 5.5	Retención Desgarro T (%): 97.14	
	Retención Desgarro \times (%): 96.96	Reversión Blancura: 12.26

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación apenas modifica sus cualidades.

NOMBRE: Acuarela Superior

MARCA: Guarro

Nº: 13

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela y témpera.

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 350	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 240
Color: Blanco natural	Barbas: 2	Color:
Grano: Medio	Filigrana: Si	Grano: Fino
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido, buen encolado interior y exterior (size press), buena absorción. No altera los colores, conserva la nitidez y luminosidad.

ANALISIS

Acidez (pH): 8.3	Desgarro M (mN): 3312	Gramaje (%): 364.60
Reserva (%): 5.3	Desgarro T (mN): 4336	Peso seco (%): 94,8
N� Kappa: <3	Desgarro � (mN): 3824	Blancura (%): 89.56

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 83.65	f_L-D: 0.83
Retención Desgarro T (%): 89.86	
Retención Desgarro � (%): 86.76	Reversión Blancura: 16.63

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): 94.08	f_L-D: 0.94
Reserva (%): 5.8	Retención Desgarro T (%): 97.11	
	Retención Desgarro � (%): 95.59	Reversión Blancura: 16.76

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible tras el envejecimiento.

NOMBRE: Acuarela Arches

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 14

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela, témpera, acrílico, tinta, óleo y aguadas.

OTRAS APLICACIONES: Tipografía y offset.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 185	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 300, 356, 640 y 850
Color: Blanco natural	Barbas: 4	Color:
Grano: Satinado	Filigrana:	Grano: Grueso y fino
Papel continuo (máquina redonda)	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Resistente y estable. 100% trapo (algodón), gelatinado y secado al aire, sin blanqueantes, con fungicidas, resistente a la luz, no amarillea. Resistencia en húmedo.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.6	Desgarro M (mN): 1676	Gramaje (%): 286.90
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): 2468	Peso seco (%): 96.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2072	Blancura (%): 80.25

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 89.23	f_L-D: 0.89
Retención Desgarro T (%): 86.49	
Retención Desgarro \times (%): 87.86	Reversión Blancura: 26.96

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8	Retención Desgarro M (%): 102.58	f_L-D: 1.03
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): 97.93	
	Retención Desgarro \times (%): 100.26	Reversión Blancura: 20.17

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación hace imperceptible la pérdida de resistencia y disminuye ligeramente el amarilleamiento.

NOMBRE: Acuarela Winsor & Newton

MARCA: Winsor and
Newton

Nº: 15

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela y témpera

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana:	Grano:
Papel continuo	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7.3	Desgarro M (mN): 1275	Gramaje (%): 186.50
Reserva (%): 2.2	Desgarro T (mN): 1472	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1373	Blancura (%): 84.64

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 96.15	f_L-D: 0.96
Retención Desgarro T (%): 92.80	
Retención Desgarro \times (%): 94.48	Reversión Blancura: 26.87

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 94.77	f_L-D: 0.95
Reserva (%): 2.5	Retención Desgarro T (%): 94.80	
	Retención Desgarro \times (%): 94.79	Reversión Blancura: 18.29

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706, a falta de un mínimo aumento de pH.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento, sin que este deje de ser elevado.

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela, témpera, dibujo y pintura

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 200	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 300
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Fino	Filigrana: Si	Grano: Grueso
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido, 100% algodón.

ANALISIS

Acidez (pH): 8	Desgarro M (mN): 1299	Gramaje (%): 202.20
Reserva (%): 3.8	Desgarro T (mN): 1752	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1525	Blancura (%): 78.69

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 98.34	f_{L-D} : 0.98
Retención Desgarro T (%): 96.64	
Retención Desgarro \times (%): 97.49	Reversión Blancura: 15.84

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.7	Retención Desgarro M (%): 96.83	f_{L-D} : 0.97
Reserva (%): 4.2	Retención Desgarro T (%): 98.77	
	Retención Desgarro \times (%): 97.80	Reversión Blancura: 13.21

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.
Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento alto.
La desacidificación disminuye el grado de amarilleamiento haciéndolo pasar a la categoría de no excesivo.

NOMBRE: Papel a mano "L.R."

MARCA:

Nº: 17

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela y grabado

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano: Grueso	Filigrana: Si	Grano:
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 6.8	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 306.90
Reserva (%): 0.1	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2665	Blancura (%): 84.99

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.94
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 94.06	Reversión Blancura: 12.34

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.2	Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 1.00
Reserva (%): 0.3	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 99.91	Reversión Blancura: 12.33

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706, por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida imperceptible de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo. La desacidificación aumenta la acidez haciendola adecuada, pero apenas afecta al resto de resultados.

NOMBRE: Caballo 109-A

MARCA:

Nº: 18

PRINCIPAL APLICACION: Acrílico y dibujo artístico

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana:	Grano:
Papel continuo	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 6.4	Desgarro M (mN): 1636	Gramaje (%): 245.50
Reserva (%): 0.1	Desgarro T (mN): 1766	Peso seco (%): 93.9
Nº Kappa: 4,1<5	Desgarro \times (mN): 1701	Blancura (%): 80.23

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 89.21	f_L -D: 0.89
Retención Desgarro T (%): 90.22	
Retención Desgarro \times (%): 89.71	Reversión Blancura: 22.18

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 94.84	f_L -D: 0.95
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): 99.11	
	Retención Desgarro \times (%): 96.98	Reversión Blancura: 17.74

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706, a falta de reserva alcalina y de un aumento de pH.

Pérdida de resistencia escasa tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez, pero no modifica suficientemente la reserva alcalina, aún así la pérdida de resistencia tras el envejecimiento se hace imperceptible y el amarilleamiento disminuye.

NOMBRE: Celer satinado

MARCA: Guarro

Nº: 19

PRINCIPAL APLICACION: Tinta, estilográfica, aguadas y acrílico

OTRAS APLICACIONES: Lápiz, cera, pastel, rotulador, acuarela, témpera y óleo

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 250	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 190
Color: Blanco amarfilado	Barbas: No	Color:
Grano: Satinado, superficie regular	Filigrana: Gofrada	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Dureza superficial. Encolado intenso, interior y exterior.

ANALISIS

Acidez (pH): 5.2	Desgarro M (mN): 1603	Gramaje (%): 242.30
Reserva (%): 0.1	Desgarro T (mN): 1827	Peso seco (%): 94.5
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1715	Blancura (%): 85.79

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 80.54	f_L-D: 0.8
Retención Desgarro T (%): 79.70	
Retención Desgarro \times (%): 80.12	Reversión Blancura: 21.32

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.7	Retención Desgarro M (%): 100.24	f_L-D: 1.00
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): 100.21	
	Retención Desgarro \times (%): 100.23	Reversión Blancura: 13.72

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706, por exceso de acidez, con la consiguiente falta de reserva alcalina.

Pérdida de resistencia baja tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación elimina la acidez, hace imperceptible la pérdida de resistencia y convierte el amarilleamiento en no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Acrílico y dibujo artístico**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Liso	Filigrana :	Grano:
Papel continuo	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7.9	Desgarro M (mN): 1548	Gramaje (%): 255.50
Reserva (%) :	Desgarro T (mN): 1805	Peso seco (%): 94.3
-0.1	Desgarro \bar{x} (mN): 1677	Blancura (%): 86.53
Nº Kappa: <3		

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 66.16	f_L-D: 0.65
Retención Desgarro T (%): 73.59	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 69.88	Reversión Blancura: 24.73

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 86.82	f_L-D: 0.86
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 94.24	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 90.53	Reversión Blancura: 16.04

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO por carecer de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado marilleamiento.

La desacidificación hace que la pérdida de resistencia sea casi imperceptible y disminuye el amarilleamiento.

NOMBRE: Parole (satinado)

MARCA: Zanders

Nº: 21

PRINCIPAL APLICACION: Pluma, estilográfica y aerógrafo

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS

Gramaje (g/m²):
Color: Blanco
Grano: Satinado-liso
Papel continuo

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana:
Gofrada

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²):
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 5.9
Reserva (%): 0
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): 1895
Desgarro T (mN): 1842
Desgarro \times (mN): 1869

Gramaje (%): 289.20
Peso seco (%): 93.6
Blancura (%): 87.44

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 83.75
Retención Desgarro T (%): 92.23
Retención Desgarro \times (%): 87.99

f_L -D: 0.83
Reversión Blancura: 27.70

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.8
Reserva (%): 0.5

Retención Desgarro M (%): 96.69
Retención Desgarro T (%): 101.06
Retención Desgarro \times (%): 98.88

f_L -D: 0.97
Reversión Blancura: 17.85

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por excesiva acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero excesivo amarilleamiento. La desacidificación corrige el exceso de acidez, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento.

NOMBRE: Creysse

MARCA: Guarro

Nº: 22

PRINCIPAL APLICACION: Grabado, estampación e impresión

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 250	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Ligeramente amarfilado	Barbas: 4	Color:
Grano: Superficie alisada	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado

ANALISIS

Acidez (pH): 5.4	Desgarro M (mN): 2099	Gramaje (%): 231.40
Reserva (%): -0.2	Desgarro T (mN): 2388	Peso seco (%): 94.6
Nº Kappa: <3	Desgarro x (mN): 2244	Blancura (%): 81.30

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 70.56	f_L-D: 0.7
Retención Desgarro T (%): 73.13	
Retención Desgarro x (%): 71.85	Reversión Blancura: 13.86

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.6	Retención Desgarro M (%): 105.24	f_L-D: 1.05
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): 101.64	
	Retención Desgarro x (%): 103.44	Reversión Blancura: 4.90

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento. La desacidificación corrige el exceso de acidez, pero no eleva suficientemente la reserva alcalina; la pérdida de resistencia se hace imperceptible y disminuye el amarilleamiento.

PRINCIPAL APLICACION: Grabado, estampación e impresión**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 250	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 160
Color: Blanco natural	Barbas: 4	Color:
Grano: Rugoso	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado

ANALISIS

Acidez (pH): 7.6	Desgarro M (mN): 1740	Gramaje (%): 258.10
Reserva (%): 1	Desgarro T (mN): 1960	Peso seco (%): 94.8
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1850	Blancura (%): 94.02

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 98.98	f_L-D: 0.99
Retención Desgarro T (%): 92.69	
Retención Desgarro \times (%): 95.84	Reversión Blancura: 9.75

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.2	Retención Desgarro M (%): 96.95	f_L-D: 0.97
Reserva (%): 3.2	Retención Desgarro T (%): 95.40	
	Retención Desgarro \times (%): 96.18	Reversión Blancura: 8.15

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706, por carecer de suficiente reserva alcalina.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en el límite de lo aceptable. La desacidificación lo convierte en permanente según ISO 9706, y disminuye ligeramente el amarilleamiento.

NOMBRE: Super Alfa

MARCA: Guarro

Nº: 24

PRINCIPAL APLICACION: Grabado, calcografía e impresión

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 250	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco natural amarfilado	Barbas: 4	Color:
Grano: Rugoso	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado

ANALISIS

Acidez (pH): 8.5	Desgarro M (mN): 1450	Gramaje (%): 251.20
Reserva (%): 3.8	Desgarro T (mN): 1719	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1584	Blancura (%): 73.59

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 92.42	f_L-D: 0.92
Retención Desgarro T (%): 98.86	
Retención Desgarro \times (%): 95.64	Reversión Blancura: 3.75

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.7	Retención Desgarro M (%): 94.05	f_L-D: 0.94
Reserva (%): 4.6	Retención Desgarro T (%): 96.12	
	Retención Desgarro \times (%): 95.08	Reversión Blancura: 2.67

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Excelentes propiedades tras el envejecimiento acelerado: pérdida de resistencia imperceptible y escaso amarilleamiento. La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento.

NOMBRE: Michel

MARCA:

Nº: 25

PRINCIPAL APLICACION: Grabado y estampación

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Marfil	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7.3	Desgarro M (mN): 2160	Gramaje (%): 253.40
Reserva (%): 0.6	Desgarro T (mN): 2443	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2301	Blancura (%): 77.64

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 96.37	f_L -D: 0.96
Retención Desgarro T (%): 103.53	
Retención Desgarro \times (%): 99.95	Reversión Blancura: 15.70

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.4	Retención Desgarro M (%): 94.91	f_L -D: 0.95
Reserva (%): 0.8	Retención Desgarro T (%): 101.85	
	Retención Desgarro \times (%): 98.38	Reversión Blancura: 11.07

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado imperceptible, amarilleamiento en el límite de lo no excesivo. La desacidificación no logra aumentar suficientemente la reserva alcalina para considerarlo permanente, pero disminuye el amarilleamiento haciéndolo no excesivo.

NOMBRE: Velin Cuve BKF Rives

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 26

PRINCIPAL APLICACION: Impresión artística: litografía, talla dulce, setigraffa, linóleo y fototipia

OTRAS APLICACIONES: Dibujo y gofrado

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 280	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 180, 210, 250, 270 y 300
Color: Blanco	Barbas: 4	Color: Crema, gris y tostado
Grano: Ligero satinado	Filigrana: Si, ∞	Grano:
Papel continuo, máquina redonda		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapos (algodón), sin blanqueantes, resistente a la luz. Poco encolado.

ANALISIS

Acidez (pH): 7	Desgarro M (mN): 1613	Gramaje (%): 237.50
Reserva (%): 0.7	Desgarro T (mN): 1952	Peso seco (%): 94.8
Nº Kappa: <3	Desgarro x (mN): 1783	Blancura (%): 84.83

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 90.87	f_L-D: 0.91
Retención Desgarro T (%): 91.86	
Retención Desgarro x (%): 91.37	Reversión Blancura: 18.58

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.4	Retención Desgarro M (%): 98.29	f_L-D: 0.98
Reserva (%): 0.9	Retención Desgarro T (%): 101.61	
	Retención Desgarro x (%): 99.95	Reversión Blancura: 13.98

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO, por carecer de suficiente reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia escasa tras el envejecimiento acelerado con alto amarilleamiento. La desacidificación no consigue elevar suficientemente la reserva alcalina para hacerlo permanente según ISO pero hace imperceptible la pérdida de resistencia tras el envejecimiento y que el amarilleamiento no sea excesivo.

NOMBRE: Velin Johannot (Arches)

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 27

PRINCIPAL APLICACION: Estampación: xilografía, tipografía, linoleo y talla dulce

OTRAS APLICACIONES: Dibujo y gofrado

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 240	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 125
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano: Suave	Filigrana: Si, ∞	Grano:
Papel continuo, máquina redonda		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 75% algodón (trapos) y 25% esparto, resistente a la luz.

ANALISIS

Acidez (pH): 6.8	Desgarro M (mN): 1442	Gramaje (%): 231.50
Reserva (%): 0.5	Desgarro T (mN): 1887	Peso seco (%): 95.1
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1665	Blancura (%): 84.28

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 92.92	f_L-D: 0.93
Retención Desgarro T (%): 93.76	
Retención Desgarro \times (%): 93.34	Reversión Blancura: 12.51

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.1	Retención Desgarro M (%): 99.04	f_L-D: 0.99
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 103.85	
	Retención Desgarro \times (%): 101.44	Reversión Blancura: 8.96

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706, a falta de suficiente reserva alcalina y de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado y amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación no aumenta suficientemente la reserva alcalina para hacerlo permanente, pero disminuye el amarilleamiento haciéndolo pasar a aceptable.

NOMBRE: Velin Arches

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 28

PRINCIPAL APLICACION: Litografía, talla dulce, serigrafía, linoleo, fototipia, tipografía y offset
OTRAS APLICACIONES: Dibujo, impresión artística y gofrado

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 250	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 160, 200, 270, 300 y 400
Color: Blanco	Barbas: 4	Color: Crema y negro
Grano: Pronunciado	Filigrana: Si, ∞	Grano:
Papel continuo, máquina redonda		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapo (algodón), sin blanqueantes, resistente a la luz.

ANALISIS

Acidez (pH): 7	Desgarro M (mN): 1797	Gramaje (%): 244.20
Reserva (%): 0.3	Desgarro T (mN): 2199	Peso seco (%): 95
Nº Kappa: <3	Desgarro x (mN): 1998	Blancura (%): 77.00

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 94.10	f_L-D: 0.94
Retención Desgarro T (%): 91.79	
Retención Desgarro x (%): 92.95	Reversión Blancura: 18.31

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): 93.01	f_L-D: 0.93
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 98.84	
	Retención Desgarro x (%): 95.93	Reversión Blancura: 13.28

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 a falta de de suficiente reserva alcalina y de un ligero aumento de pH.
Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero elevado amarilleamiento.
La desacidificación no logra aumentar lo suficiente la reserva alacina, pero disminuye ligeramente la pérdida de resistencia y hace que el amarilleamiento sea no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Serigrafía**OTRAS APLICACIONES:** Talla dulce

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 300	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 350
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano: Satinado-suave	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo, máquina redonda		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapo (algodón), sin apresto, sin blanqueantes, con fungicidas, resistente a la luz.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.6	Desgarro M (mN): 1566	Gramaje (%): 300.60
Reserva (%): 0	Desgarro T (mN): 1872	Peso seco (%): 95.5
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1719	Blancura (%): 87.57

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 103.39	f_L-D: 1.03
Retención Desgarro T (%): 95.91	
Retención Desgarro \times (%): 99.65	Reversión Blancura: 6.76

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): 100.12	f_L-D: 1.00
Reserva (%): 0.4	Retención Desgarro T (%): 107.97	
	Retención Desgarro \times (%): 104.05	Reversión Blancura: 6.34

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Excelentes resultados tras envejecimiento acelerado: pérdida de resistencia imperceptible y bajo amarilleamiento.

La desacidificación no logra elevar suficientemente la reserva alcalina según ISO.

NOMBRE: Polyester

MARCA: Guarro

Nº: 30

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y tinta

OTRAS APLICACIONES: Rotulador

CARACTERISTICAS

Gramaje (g/m²):
Color: Transparente
Grano: Superficie mateada
y uniforme
Lámina sin fibras

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana: No

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²): 36, 50 y 75 (micras)
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Gran resistencia al envejecimiento, estabilidad dimensional.

ANALISIS

Acidez (pH): 6.3
Reserva (%): 0
Nº Kappa: ---

Desgarro M (mN): ---
Desgarro T (mN): ---
Desgarro \times (mN): 465

Gramaje (%): 89.50
Peso seco (%): 99
Blancura (%): 71.77

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): ---

f_L-D: ---
Reversión Blancura: ---

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): ---
Reserva (%): ---

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): ---

f_L-D: ---
Reversión Blancura: ---

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Sus características no se adaptan a la evaluación de permanencia efectuada (soporte sintético).
Según ISO 9706 carece de reserva alcalina y tiene un bajo pH.

NOMBRE: Vegetal

MARCA: Guarro

Nº: 31

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y tinta

OTRAS APLICACIONES: Rotulador

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 110	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 50, 60, 70, 80, 90, 145 y 185
Color: Transparente	Barbas: No	Color:
Grano: Satinado regular	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Dureza superficial e interna, resistencia al envejecimiento, nitidez al trasluz.

ANALISIS

Acidez (pH): 5.3	Desgarro M (mN): 403	Gramaje (%): 109.00
Reserva (%) : -0.1	Desgarro T (mN): 491	Peso seco (%): 93.2
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 447	Blancura (%): 57.32

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 83.86	f_L-D: 0.82
Retención Desgarro T (%): 82.52	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 83.19	Reversión Blancura: 33.97

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): 109.00	f_L-D: 1.10
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 117.37	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 113.18	Reversión Blancura: 21.75

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por elevada acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Baja pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero amarilleamiento muy elevado.

La desacidificación adecua el grado de acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento sin que deje de ser excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz, carbón y ceras**OTRAS APLICACIONES:** Sanguina, vistre, sepia, pastel, tinta, rotulador, acuarela y aguadas**CARACTERISTICAS**

Gramaje (g/m²): 170
Color: Ligero amarfilado.
Grano: Alisado
Papel continuo

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana:
Gofrada

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²):
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Buen encolado.

ANALISIS

Acidez (pH): 5.6
Reserva (%): 0
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): 1611
Desgarro T (mN): 1705
Desgarro \times (mN): 1658

Gramaje (%): 170.50
Peso seco (%): 94.4
Blancura (%): 87.96

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 75.40
Retención Desgarro T (%): 73.30
Retención Desgarro \times (%): 74.35

f_L-D: 0.75**Reversión Blancura:** 21.41**DESACIDIFICACION**

Acidez (pH): 7.8
Reserva (%): 0.7

Retención Desgarro M (%): 95.28
Retención Desgarro T (%): 101.27
Retención Desgarro \times (%): 98.26

f_L-D: 0.95**Reversión Blancura:** 12.53**INTERPRETACION DE RESULTADOS:**

Papel no permanente según ISO 9706 por elevada acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado y excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento convirtiéndolo en no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz, ceras, acuarela y témpera

OTRAS APLICACIONES: Carbón, sanguina, vistre, sepia, pastel, tinta, rotulador y acrílico

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²): 130	Verjura: No	Gramaje (g/m ²): 370
Color: Blanco natural	Barbas: No	Color:
Grano: Alisado	Filigrana:	Grano:
Papel continuo	Gofrada	

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Buen encolado, dureza superficial.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.7	Desgarro M (mN): 1028	Gramaje (%): 128.20
Reserva (%): 1	Desgarro T (mN): 1099	Peso seco (%): 94.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1063	Blancura (%): 88.75

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 87.60	f_L -D: 0.87
Retención Desgarro T (%): 88.40	
Retención Desgarro \times (%): 88.00	Reversión Blancura: 17.55

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.9	Retención Desgarro M (%): 94.47	f_L -D: 0.94
Reserva (%): 1	Retención Desgarro T (%): 94.11	
	Retención Desgarro \times (%): 94.29	Reversión Blancura: 12.75

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento elevado.

La desacidificación disminuye la pérdida de resistencia y convierte el amarilleamiento en no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Tinta y aguadas**OTRAS APLICACIONES:** Ceras, pastel y rotulador**CARACTERISTICAS**

Gramaje (g/m²): 175
Color: Blanco azulado
Grano: Regular, muy satinado
Papel continuo

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana: Si

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²): 150
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado intenso, interior y exterior, muy compacto, dureza superficial e interna.

ANALISIS

Acidez (pH): 4.8
Reserva (%):
-0.1
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): 1293
Desgarro T (mN): 1334
Desgarro \times (mN): 1314

Gramaje (%): 174.50
Peso seco (%): 94.3
Blancura (%): 87.50

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 68.44
Retención Desgarro T (%): 70.44
Retención Desgarro \times (%): 69.44

f_L-D: 0.67

Reversión Blancura: 25.77

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8
Reserva (%): 0.6

Retención Desgarro M (%): 101.21
Retención Desgarro T (%): 98.09
Retención Desgarro \times (%): 99.65

f_L-D: 1.01

Reversión Blancura: 10.44

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento. La desacidificación elimina la acidez, pero no aumenta suficientemente la reserva alcalina. Hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y el amarilleamiento no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz y rotulador**OTRAS APLICACIONES:** Carbón, sanguina, vistre, sepia, cera y pastel

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 246	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 180, 200, 225 y 308
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Satinado	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 6.2	Desgarro M (mN): 2404	Gramaje (%): 254.30
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): 2368	Peso seco (%): 94.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \bar{x} (mN): 2386	Blancura (%): 93.42

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 92.32	f_L-D: 0.92
Retención Desgarro T (%): 89.15	
Retención Desgarro \bar{x} (%): 90.74	Reversión Blancura: 19.69

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.5	Retención Desgarro M (%): 98.69	f_L-D: 0.99
Reserva (%): 1.2	Retención Desgarro T (%): 101.82	
	Retención Desgarro \bar{x} (%): 100.26	Reversión Blancura: 11.63

INTERPPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por excesiva acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero elevado amarilleamiento. La desacidificación corrige la acidez pero no aumenta lo suficiente la reserva alcalina, hace que la pérdida de blancura sea imperceptible y que el amarilleamiento pase a no excesivo.

NOMBRE: Ecológico Libre de Acido

MARCA:

Nº: 36

PRINCIPAL APLICACION:

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido.

ANALISIS

Acidez (pH): 9.4	Desgarro M (mN): 623	Gramaje (%): 95.50
Reserva (%): 19	Desgarro T (mN): 723	Peso seco (%): 94.1
Nº Kappa: >7	Desgarro \times (mN): 673	Blancura (%): 80.44

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 100.63	f_L -D: 1.01
Retención Desgarro T (%): 98.92	
Retención Desgarro \times (%): 99.77	Reversión Blancura: 12.63

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 9	Retención Desgarro M (%): 99.16	f_L -D: 0.99
Reserva (%): 20.8	Retención Desgarro T (%): 101.63	
	Retención Desgarro \times (%): 100.39	Reversión Blancura: 10.35

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina. Se hace notar la elevada reserva alcalina. Pérdida de resistencia tras el envejecimiento inapreciable, amarilleamiento no excesivo. La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento.

NOMBRE: Whatman Acuarela

MARCA: Whatman

Nº: 37

PRINCIPAL APLICACION: Acuarela

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 290	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 400
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano: Semifino	Filigrana: Si	Grano: Liso y rugoso
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

100% trapo.

ANALISIS

Acidez (pH): 6.2	Desgarro M (mN): 2233	Gramaje (%): 300.30
Reserva (%): 0.1	Desgarro T (mN): 2613	Peso seco (%): 95.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2423	Blancura (%): 89.47

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 88.75	f_L-D: 0.88
Retención Desgarro T (%): 81.08	
Retención Desgarro \times (%): 84.92	Reversión Blancura: 10.81

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.7	Retención Desgarro M (%): 88.22	f_L-D: 0.88
Reserva (%): 0.1	Retención Desgarro T (%): 87.99	
	Retención Desgarro \times (%): 88.10	Reversión Blancura: 7.75

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por su acidez y falta de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina. Convierte el amarilleamiento en aceptable.

NOMBRE: Diamante

MARCA:

Nº: 38

PRINCIPAL APLICACION: Pastel, lápiz, tiza, carbón, témpera, acuarela, acrílico y serigrafía

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS

Gramaje (g/m²): 170
Color: Blanco
Grano:
Papel continuo

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana: No

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²):
Color: 35 colores
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Con trapo

ANALISIS

Acidez (pH): 8.3
Reserva (%): 1.2
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): 877
Desgarro T (mN): 1024
Desgarro \bar{x} (mN): 951

Gramaje (%): 168.70
Peso seco (%): 94.2
Blancura (%): 89.92

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 99.11
Retención Desgarro T (%): 100.96
Retención Desgarro \bar{x} (%): 100.03

f_L-D: 0.99
Reversión Blancura: 20.70

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.7
Reserva (%): 1.5

Retención Desgarro M (%): 96.64
Retención Desgarro T (%): 99.80
Retención Desgarro \bar{x} (%): 98.22

f_L-D: 0.96
Reversión Blancura: 21.20

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina.
Pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado imperceptible pero excesivo amarilleamiento.
La desacidificación no logra elevar suficientemente la reserva alcalina ni influye en el resto de resultados.

PRINCIPAL APLICACION: Dibujo**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 160	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 200, 120
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano: Fino	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE**ANALISIS**

Acidez (pH): 5.8	Desgarro M (mN): 1154	Gramaje (%): 159.10
Reserva (%): -0.1	Desgarro T (mN): 1203	Peso seco (%): 95.1
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1178	Blancura (%): 88.51

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 70.92	f_L-D: 0.7
Retención Desgarro T (%): 72.10	
Retención Desgarro \times (%): 71.51	Reversión Blancura: 24.19

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.7	Retención Desgarro M (%): 99.14	f_L-D: 0.99
Reserva (%): 0.7	Retención Desgarro T (%): 98.05	
	Retención Desgarro \times (%): 98.59	Reversión Blancura: 11.56

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel o permanente según ISO 9706 por exceso de acidez con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento. La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina; hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y el amarilleamiento no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Litografía y dibujo**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 230	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: 2	Color: Gris charmois
Grano: Liso	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido, de celulosa.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.4	Desgarro M (mN): 2570	Gramaje (%): 229.30
Reserva (%): 1.5	Desgarro T (mN): 3312	Peso seco (%): 94.6
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2991	Blancura (%): 86.12

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 83.82	f_L-D: 0.83
Retención Desgarro T (%): 89.34	
Retención Desgarro \times (%): 85.01	Reversión Blancura: 12.18

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.5	Retención Desgarro M (%): 103.97	f_L-D: 1.00
Reserva (%): 1.8	Retención Desgarro T (%): 101.30	
	Retención Desgarro \times (%): 100.69	Reversión Blancura: 12.24

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación eleva la reserva alcalina hasta situarla en el límite de lo admisible según ISO 9706 y hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible.

PRINCIPAL APLICACION: Lápiz, acuarela y témpera**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²): 85	Verjura: Si	Gramaje (g/m ²):
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado con almidón por una cara.

ANALISIS

Acidez (pH): 4.6	Desgarro M (mN): 1379	Gramaje (%): 77.40
Reserva (%): -0.3	Desgarro T (mN): 1536	Peso seco (%): 93.7
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1458	Blancura (%): 82.56

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 44.67	f_L -D: 0.43
Retención Desgarro T (%): 50.92	
Retención Desgarro \times (%): 47.79	Reversión Blancura: 38.23

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.7	Retención Desgarro M (%): 89.62	f_L -D: 0.89
Reserva (%): 0.8	Retención Desgarro T (%): 94.77	
	Retención Desgarro \times (%): 92.19	Reversión Blancura: 10.82

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Excesivo amarilleamiento y pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado. La desacidificación corrige la acidez pero no aumenta suficientemente la reserva alcalina; hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y que el amarilleamiento pase a ser no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Pastel, tiza, sanguina y linoleo**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²): 71	Verjura: Si	Gramaje (g/m ²):
Color:	Barbas: 4	Color: Blanco
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fibras largas.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.4	Desgarro M (mN): 2551	Gramaje (%): 62.50
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94.4
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): ---	Blancura (%): 78.94

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 82.00	f_L -D: 0.82
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): ---	Reversión Blancura: 17.11

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.9	Retención Desgarro M (%): 97.23	f_L -D: 0.97
Reserva (%): 1.1	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): ---	Reversión Blancura: 13.65

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación no ha aumentado lo suficiente la reserva alcalina para poder considerarlo permanente según ISO, pero la pérdida de resistencia se ha hecho imperceptible y el amarilleamiento no excesivo.

NOMBRE: Arakaji Natural

MARCA: Canson (Gama
Patrimonio)

Nº: 43

PRINCIPAL APLICACION: Xilografía, linóleo, buril

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 33	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Marfil	Barbas: 2	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Libre de ácido (pH 6.8), 50% kozo, sin apresto, sin blanqueantes, resistente a la luz, no amarillea, fibras largas.

ANALISIS

Acidez (pH): 6.8	Desgarro M (mN): 601	Gramaje (%): 25.20
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): 752	Peso seco (%): 94.3
Nº Kappa: >7	Desgarro \times (mN): 677	Blancura (%): 53.77

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 88.42	f_L-D: 0.87
Retención Desgarro T (%): 86.26	
Retención Desgarro \times (%): 87.34	Reversión Blancura: 9.12

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 9	Retención Desgarro M (%): 95.92	f_L-D: 0.96
Reserva (%): 1.6	Retención Desgarro T (%): 91.83	
	Retención Desgarro \times (%): 93.87	Reversión Blancura: 7.03

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina, ausencia de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento y amarilleamiento en el límite de lo aceptable. La desacidificación corrige la acidez y eleva considerablemente la reserva alcalina, casi logrando un grado óptimo; disminuye la pérdida de resistencia y el amarilleamiento, haciéndolo aceptable.

NOMBRE: Papel de la India (Jute Grueso)

MARCA:

N°: 44

PRINCIPAL APLICACION:

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²): 190	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Pardo	Barbas: 4	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

De yute.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.6	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 201.10
Reserva (%): 2.3	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 93
N° Kappa: >7	Desgarro \times (mN): 2352	Blancura (%): 30.86

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_{L-D} : 0.87
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 87.52	Reversión Blancura: 1.35

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8	Retención Desgarro M (%): ---	f_{L-D} : 0.88
Reserva (%): 2.6	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 88.19	Reversión Blancura: 1.54

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado y amarilleamiento en el límite de lo aceptable.

La desacidificación eleva ligeramente la acidez, pero no afecta los resultados.

NOMBRE: Vellum

MARCA:

Nº: 45

PRINCIPAL APLICACION: Dibujo Técnico

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: No	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: Si	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 4.2	Desgarro M (mN): 434	Gramaje (%): 79.90
Reserva (%): -	Desgarro T (mN): 485	Peso seco (%): 95.1
0.1	Desgarro \times (mN): 459	Blancura (%): 90.62
Nº Kappa: <3		

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 93.89	f_L-D: 0.93
Retención Desgarro T (%): 92.31	
Retención Desgarro \times (%): 93.10	Reversión Blancura: 19.10

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 9.3	Retención Desgarro M (%): 112.22	f_L-D: 1.14
Reserva (%): 1	Retención Desgarro T (%): 111.74	
	Retención Desgarro \times (%): 111.98	Reversión Blancura: 17.20

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente segun ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación mejora considerablemente las características químicas, pero no logra elevar lo suficiente la reserva alcalina. Hace que aumente la resistencia tras el envejecimiento hasta superar la resistencia inicial y disminuye ligeramente el amarilleamiento, aunque sin que deje de ser elevado.

NOMBRE: Kraft

MARCA:

Nº: 46

PRINCIPAL APLICACION: Envoltorios

OTRAS APLICACIONES: Lápiz, carbón, sanguina, tiza, ceras y pastel

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Pardo	Barbas: No	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 6.9	Desgarro M (mN): 1695	Gramaje (%): 138.50
Reserva (%): 0.2	Desgarro T (mN): 2037	Peso seco (%): 94.7
Nº Kappa: >7	Desgarro \times (mN): 1866	Blancura (%): 30.37

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 79.51	f_L -D: 0.79
Retención Desgarro T (%): 76.01	
Retención Desgarro \times (%): 77.76	Reversión Blancura: 5.99

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 7.8	Retención Desgarro M (%): 98.26	f_L -D: 0.98
Reserva (%): 0.9	Retención Desgarro T (%): 96.44	
	Retención Desgarro \times (%): 97.35	Reversión Blancura: 0.40

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina, ausencia de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento pero amarilleamiento aceptable. La desacidificación corrige la acidez y eleva la reserva alcalina, aunque sin que esta llegue a ser óptima según ISO; hace que el amarilleamiento y la pérdida de resistencia sean imperceptibles tras el envejecimiento.

PRINCIPAL APLICACION: Dibujo

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Grisaceo	Barbas: No	Color:
Grano: Liso	Filigrana: No	Grano:
Papel continuo		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 8.5	Desgarro M (mN): 1044	Gramaje (%): 148.70
Reserva (%): 21	Desgarro T (mN): 1063	Peso seco (%): 94.6
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1054	Blancura (%): 76.13

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 92.85	$f_{I,-D}$: 0.92
Retención Desgarro T (%): 90.77	
Retención Desgarro \times (%): 91.81	Reversión Blancura: 18.34

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): 87.22	$f_{I,-D}$: 0.87
Reserva (%): 22.1	Retención Desgarro T (%): 85.61	
	Retención Desgarro \times (%): 86.42	Reversión Blancura: 5.50

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706. Nótese el exceso de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente la resistencia tras el envejecimiento pero consigue que el amarilleamiento sea aceptable.

PRINCIPAL APLICACION: Pintura con técnicas al agua, impresión y estampación, diseño gráfico.

OTRAS APLICACIONES: Serigrafía, tinta china y ceras.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 165	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 200
Color: Blanco	Barbas: 4	Color: 13 colores
Grano: Papel "a mano"	Filigrana: No	Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fabricado con papel usado; fibras recicladas no sometidas a procesos químicos importantes, como el blanqueo o el desentintado, colas sintéticas, cargas minerales y colorantes orgánicos y sintéticos. Celulosa desinfectada con hipoclorito sódico al 3%.. Sin blancos ópticos. Control de pH en el proceso de fabricación (neutro).

ANALISIS

Acidez (pH): 7.7	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 202.40
Reserva (%): 1.5	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94.1
Nº Kappa: 4<5	Desgarro \times (mN): 1314	Blancura (%): 73.43

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.84
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 84.17	Reversión Blancura: 28.33

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8	Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.91
Reserva (%): 2.1	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 90.96	Reversión Blancura: 26.98

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero amarilleamiento muy elevado.

La desacidificación consigue hacer permanente el papel según ISO y disminuye ligeramente la pérdida de resistencia y el amarilleamiento.

NOMBRE: Poliart

MARCA: Tomás Redondo

Nº: 49

PRINCIPAL APLICACION: Dibujo técnico

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS

Gramaje (g/m²): 90
Color: Blanco
Grano: Satinado
Lámina sin fibras

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana: No

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²): 110, 170 y 200
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Sintético

ANALISIS

Acidez (pH): 8
Reserva (%):
11.1
Nº Kappa: ---

Desgarro M (mN): ---
Desgarro T (mN): ---
Desgarro \times (mN): 488

Gramaje (%): 92.60
Peso seco (%): 99.8
Blancura (%): 83.90

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): ---

f_L-D: ---
Reversión Blancura: ---

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): ---
Reserva (%): ---

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): ---

f_L-D: ---
Reversión Blancura: ---

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Sus características no se adaptan a la evaluación de permanencia efectuada (soporte sintético).
Según ISO 9706 podría considerarse permanente a falta de la evaluación del número Kappa.

NOMBRE: Papel Barrera

MARCA: Canson

Nº: 50

PRINCIPAL APLICACION: Conservación

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS

Gramaje (g/m²):
Color: Blanco
Grano: Liso
Papel continuo

Verjura: No
Barbas: No
Filigrana: No

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²):
Color:
Grano:

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7.8
Reserva (%): 2.8
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): 533
Desgarro T (mN): 551
Desgarro \times (mN): 542

Gramaje (%): 79.40
Peso seco (%): 94.3
Blancura (%): 85.29

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): 107.92
Retención Desgarro T (%): 104.45
Retención Desgarro \times (%): 106.18

f_L-D: 1.09

Reversión Blancura: 10.74

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.9
Reserva (%): 3.4

Retención Desgarro M (%): 107.55
Retención Desgarro T (%): 106.23
Retención Desgarro \times (%): 106.89

f_L-D: 1.08

Reversión Blancura: 10.12

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación apenas influye en los resultados.

PRINCIPAL APLICACION: Litografía y serigrafía**OTRAS APLICACIONES:** Existen variedades para uso general, acuarela, grabado y pastel.**CARACTERISTICAS**

Gramaje (g/m²): 180
Color: Blanco
Grano:
Papel "a mano"

Verjura: No
Barbas: 4
Filigrana: No

OTRAS POSIBILIDADES

Gramaje (g/m²): Muy variado
Color: Amplia gama
Grano: desde muy rugoso a ligeramente satinado.

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Fibras 80% algodón y 20% lino. Blanqueo con ozono o peróxido de hidrógeno. Cuidad de museo: pH neutro (7,5), agua libre de trazas de metales, encolante frío en masa (dímero de centeno). Bajo pedido pueden ser tratados con reserva alcalina y fungicidas.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.3
Reserva (%): 0.7
Nº Kappa: <3

Desgarro M (mN): ---
Desgarro T (mN): ---
Desgarro \times (mN): 2109

Gramaje (%): 215.60
Peso seco (%): 94.8
Blancura (%): 72.95

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): 101,02

f₁-D: 1,01
Reversión Blancura: 8.85

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.4
Reserva (%): 0.8

Retención Desgarro M (%): ---
Retención Desgarro T (%): ---
Retención Desgarro \times (%): 102.97

f₁-D: 1.03
Reversión Blancura: 9.27

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento aceptable. La desacidificación aumenta el pH pero apenas influye en el resto de los resultados.

PRINCIPAL APLICACION: Técnicas de estampación.

OTRAS APLICACIONES: Coloreados para técnicas al agua.

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²): 300	Verjura: No	Gramaje (g/m²): 600; de 80a 1000 por encargo
Color: Blanco	Barbas: 4	Color: Amplia gama.
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

Encolado neutro (Dímeros de centeno), solución en masa de fungicida-bactericida, refino en pila holandesa y secado final a 28-30°C. Exentos de blanqueo óptico o de otra naturaleza, sin cargas. Papeles de color con colorantes pigmentarios, solidez a la luz y al sangrado.

ANALISIS

Acidez (pH): 7.2	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 350.50
Reserva (%): 0.9	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 95.2
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 3498	Blancura (%): 85.46

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.94
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 94.28	Reversión Blancura: 20.26

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.3	Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.98
Reserva (%): 1	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 98.15	Reversión Blancura: 16.43

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alaclina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento. La desacidificación aumenta el pH y disminuye el amarilleamiento, sin que deje de ser elevado.

NOMBRE: Capellades

MARCA: Museo Molino de
Capellades

Nº: 53

PRINCIPAL APLICACION:

OTRAS APLICACIONES:

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m²):	Verjura: Si	Gramaje (g/m²):
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano:	Filigrana: Si	Grano:
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

ANALISIS

Acidez (pH): 7	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 103.90
Reserva (%): 0	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94.5
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 1113	Blancura (%): 80.05

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.92
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 92.23	Reversión Blancura: 19.37

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.5	Retención Desgarro M (%): ---	f_L-D: 0.88
Reserva (%): 0.4	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 88.88	Reversión Blancura: 14.92

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento. La desacidificación aumenta el pH, pero sin elevar lo suficiente la reserva alcalina; disminuye el amarilleamiento situándolo en el límite de lo no excesivo.

PRINCIPAL APLICACION: Estampación (aguafuerte)**OTRAS APLICACIONES:**

CARACTERISTICAS		OTRAS POSIBILIDADES
Gramaje (g/m ²):	Verjura: No	Gramaje (g/m ²):
Color: Blanco	Barbas: 4	Color:
Grano:	Filigrana: No	Grano:
Papel "a mano"		

OTRA INFORMACION DEL FABRICANTE

100% lino, encolado con Aquapel.

ANALISIS

Acidez (pH): 6.7	Desgarro M (mN): ---	Gramaje (%): 155.90
Reserva (%): 0.1	Desgarro T (mN): ---	Peso seco (%): 94.2
Nº Kappa: <3	Desgarro \times (mN): 2518	Blancura (%): 85.14

ENVEJECIMIENTO

Retención Desgarro M (%): ---	f_t -D: 0.95
Retención Desgarro T (%): ---	
Retención Desgarro \times (%): 95.02	Reversión Blancura: 14.17

DESACIDIFICACION

Acidez (pH): 8.5	Retención Desgarro M (%): ---	f_t -D: 1.00
Reserva (%): 0.5	Retención Desgarro T (%): ---	
	Retención Desgarro \times (%): 99.92	Reversión Blancura: 10.19

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia no apreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en al límite de lo no excesivo. La desacidificación corrige el pH pero no eleva suficientemente la reserva alcalina, disminuye el amarilleamiento hasta situarlo en el límite de lo aceptable.